

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В. В. Серватинский

подпись

«20» 06 2017 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

На тему: Проект реконструкции участка автомобильной дороги IV категории
в Ангарском районе Иркутской области

08.03.01 «Строительство»

08.03.01.0015 «Автомобильные дороги»

Руководитель

подпись, дата

21.06.17

профессор, к.т.н.
должность, ученая степень

В. И. Жуков
инициалы, фамилия

Выпускник

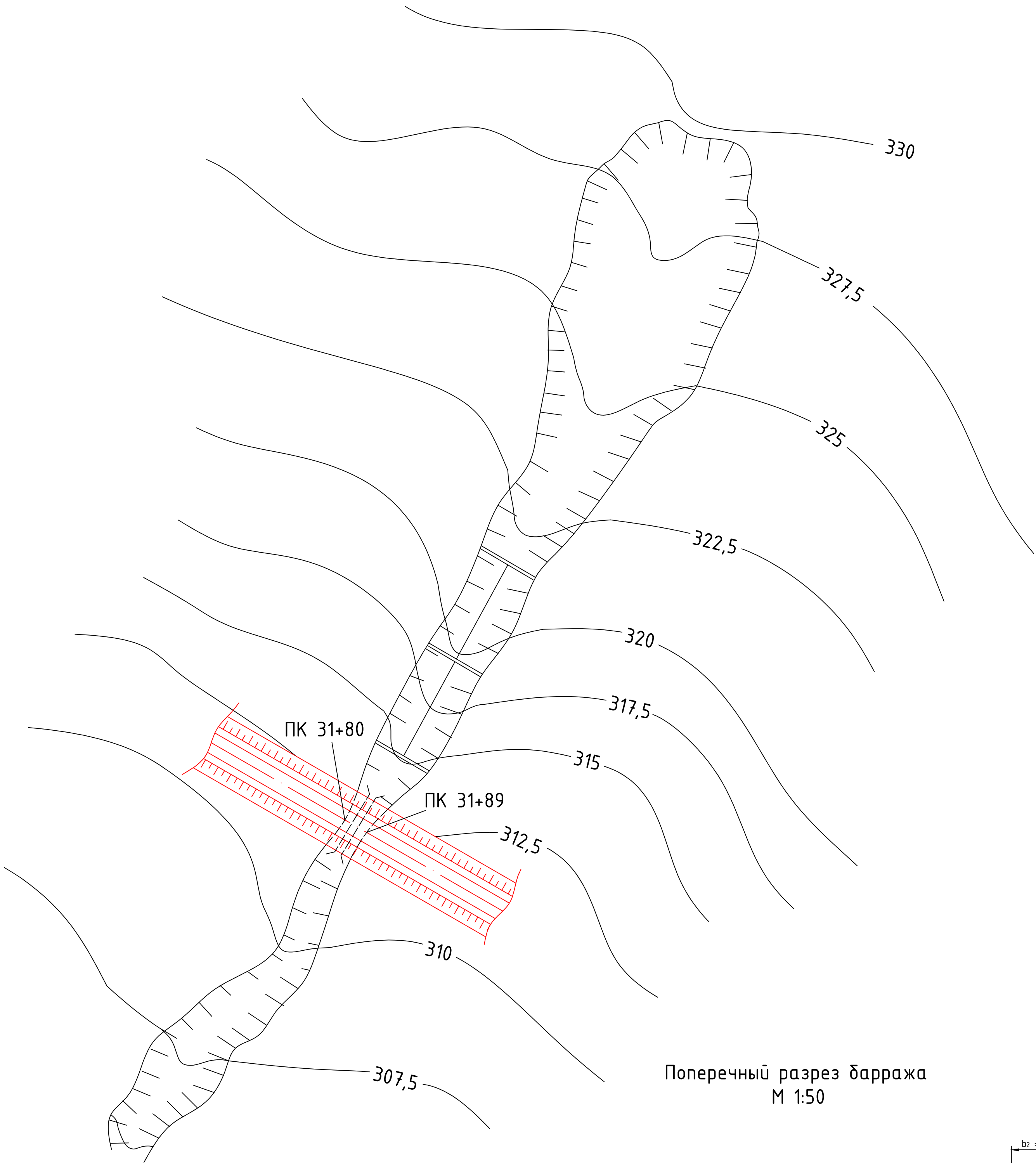
подпись, дата

21.06.17

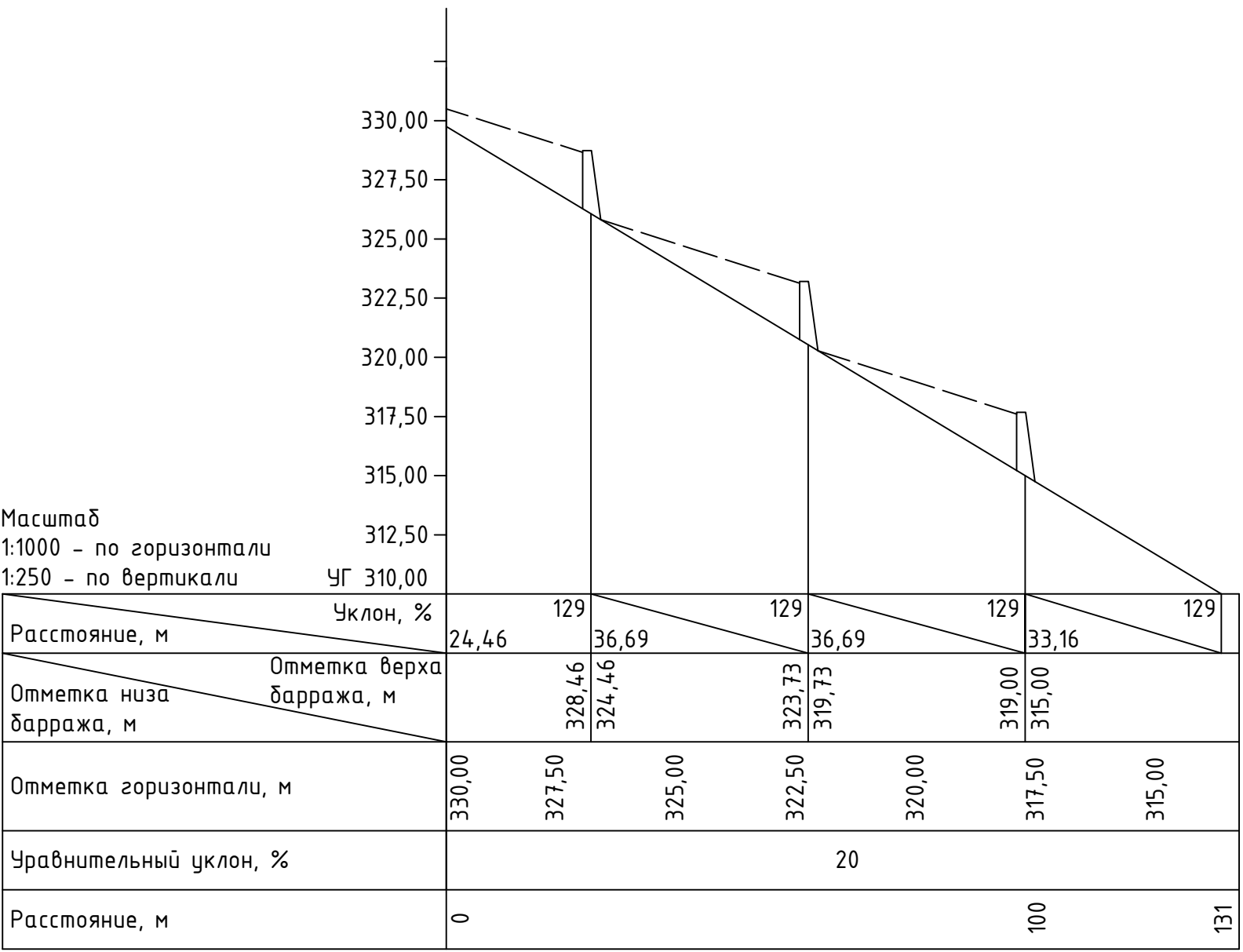
А. А. Потапов
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

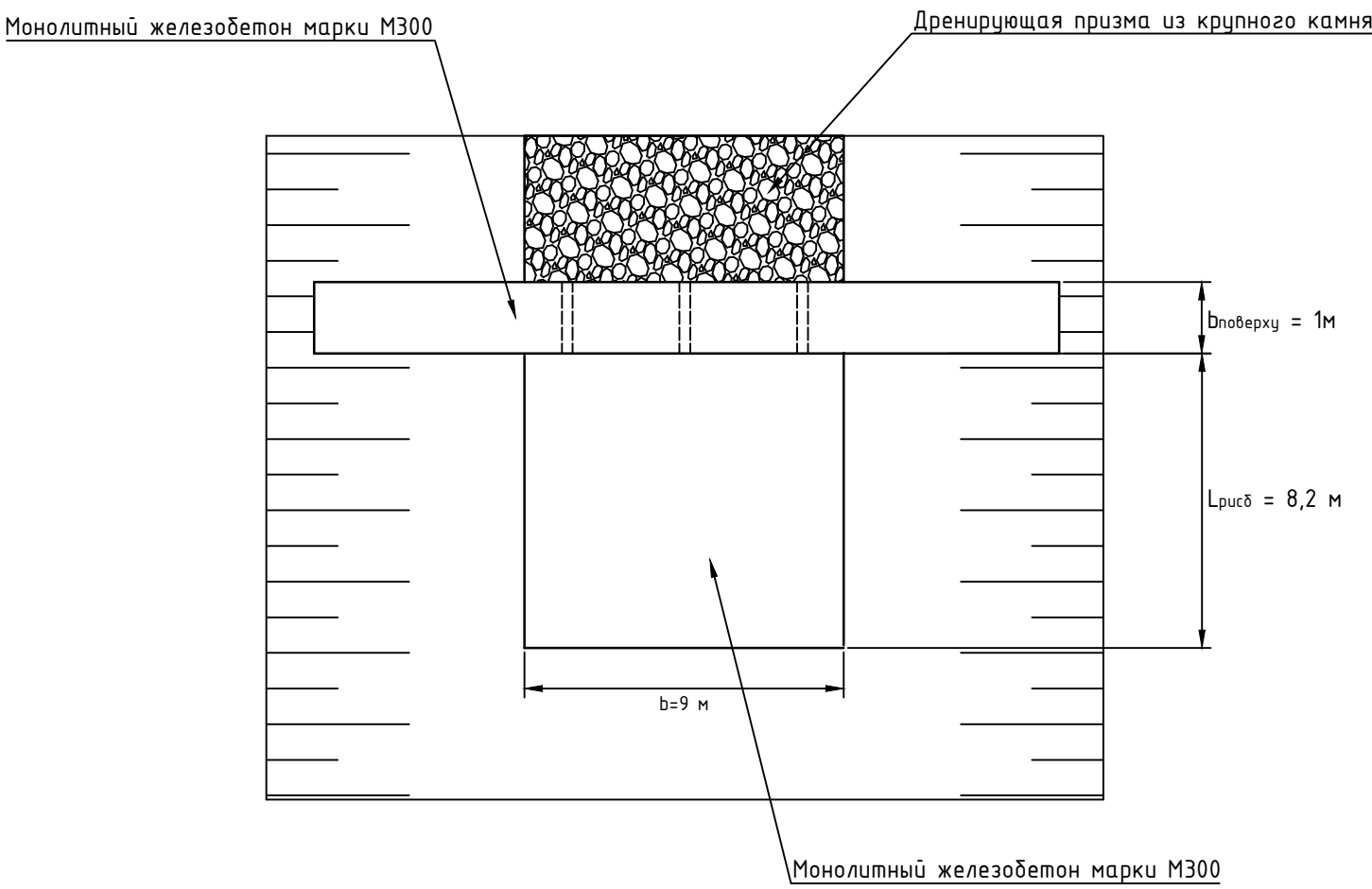
План оврага
М 1:500



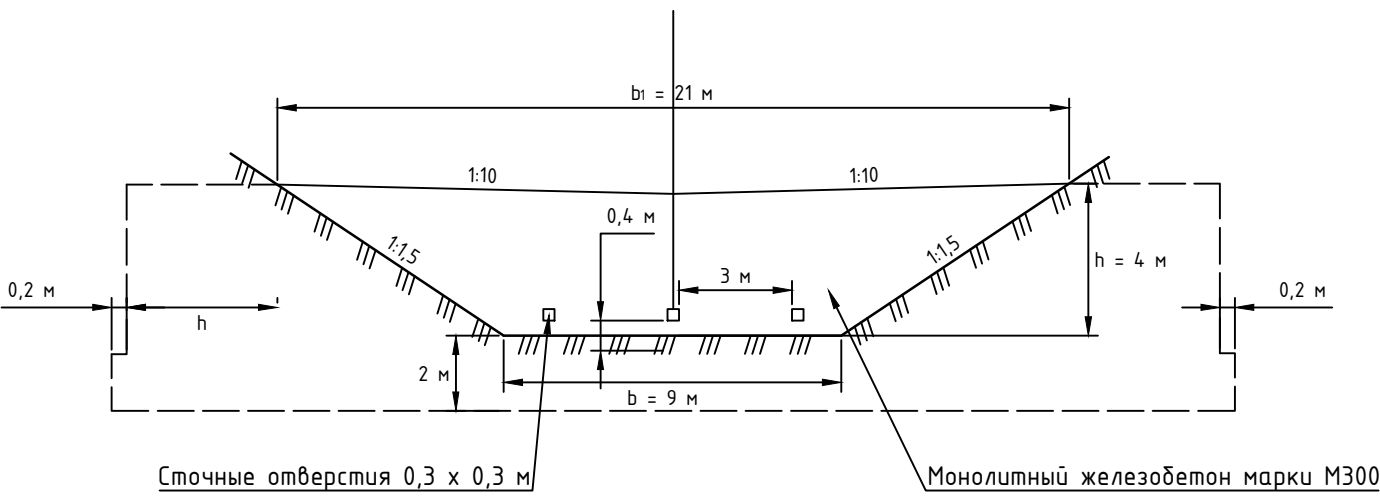
Продольный профиль по дну оврага



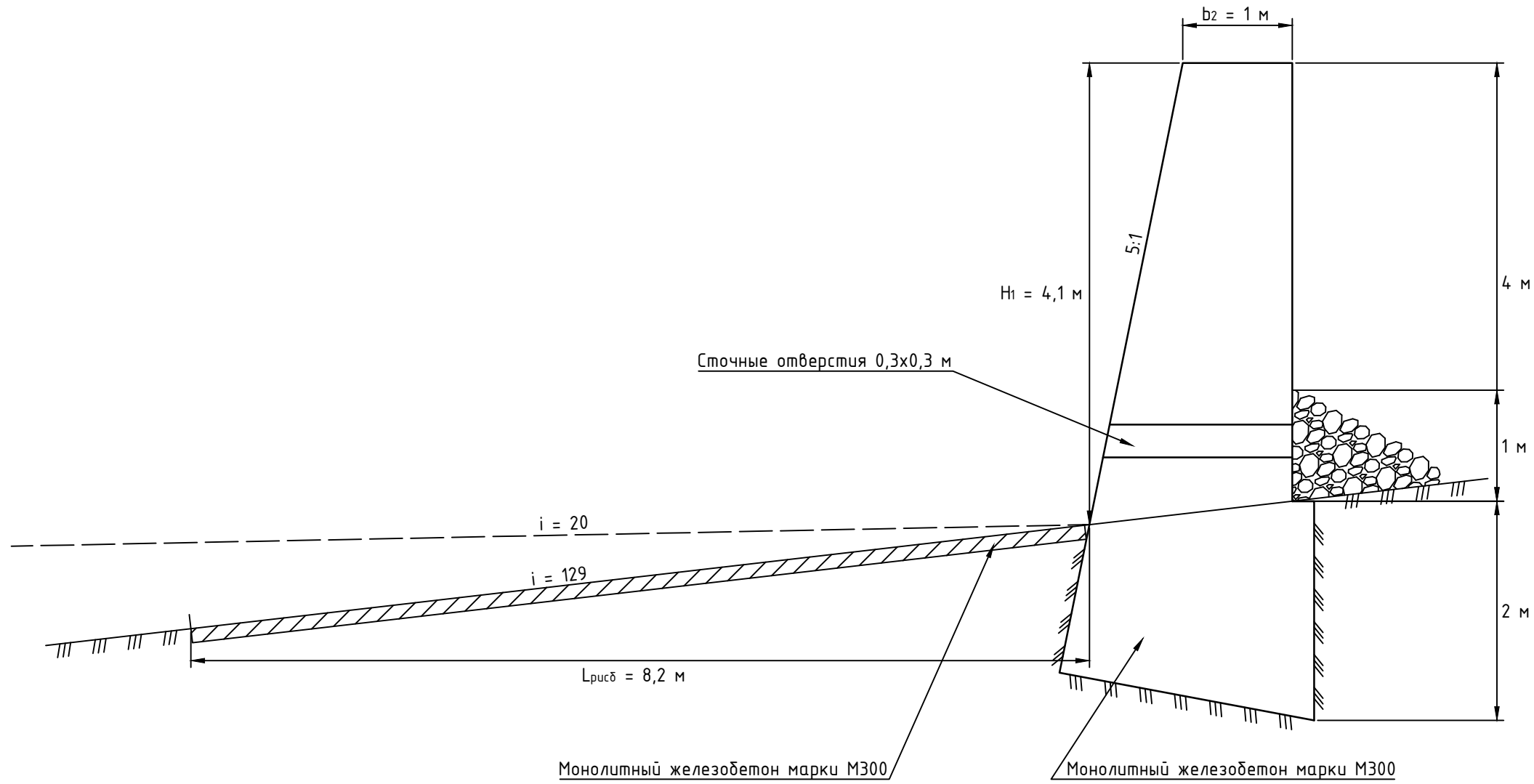
План барража
М 1:200



Фасад барража
М 1:200

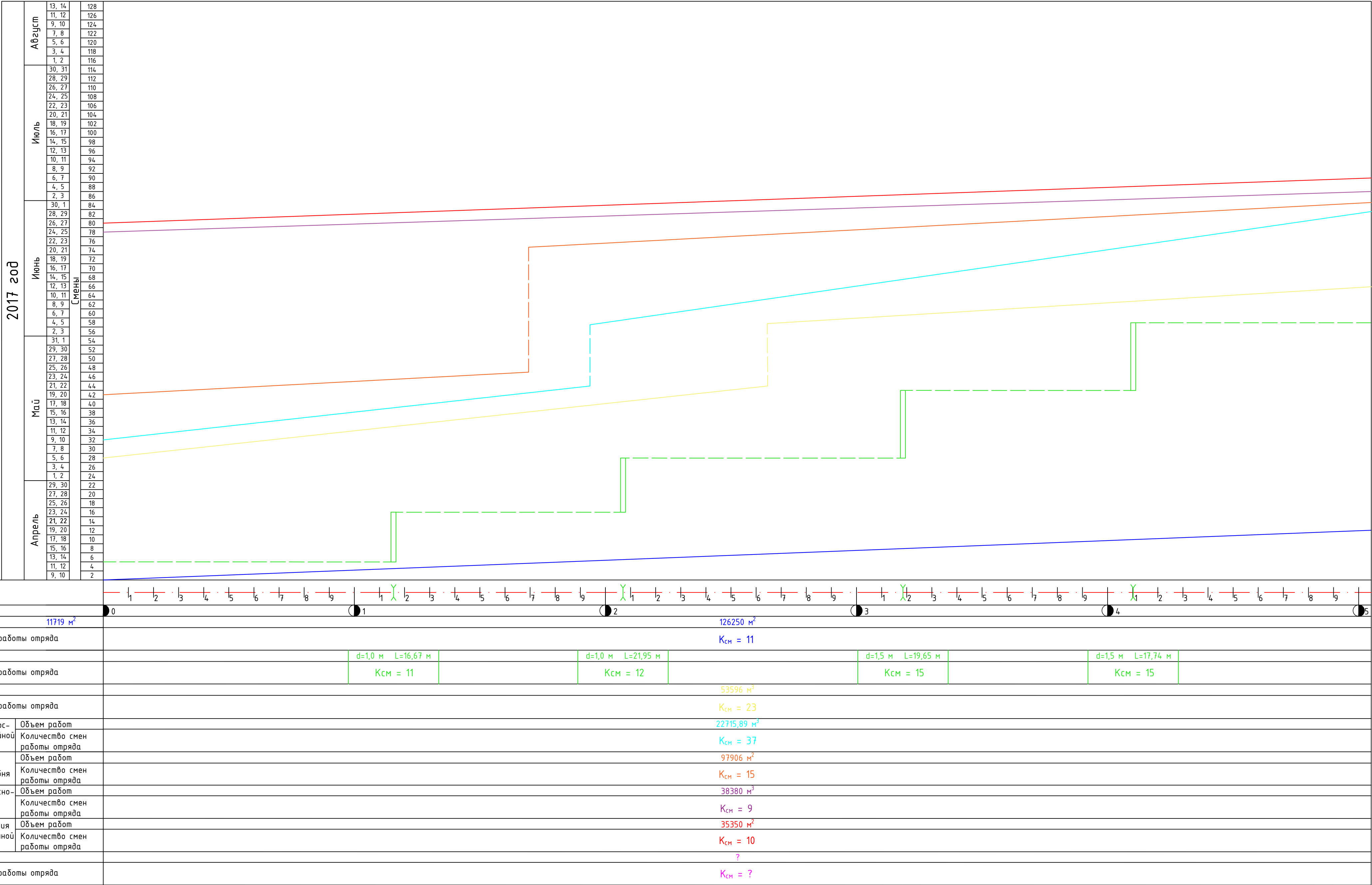


Поперечный разрез барража
М 1:50



ВКР - 08.03.01.00.15 - 2017						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Кол. уч.	Лист № док.	Подп.	Дата	Проект реконструкции участка автомобильной дороги IV категории в Ангарском районе Иркутской области	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Попов А.А.				У	6	8
Пров.		Жуков В.И.				Кафедра АДУГС		
Т. контр.								
Утв.		Серванский В.В.			Оценка участка дороги до реконструкции и после реконструкции			

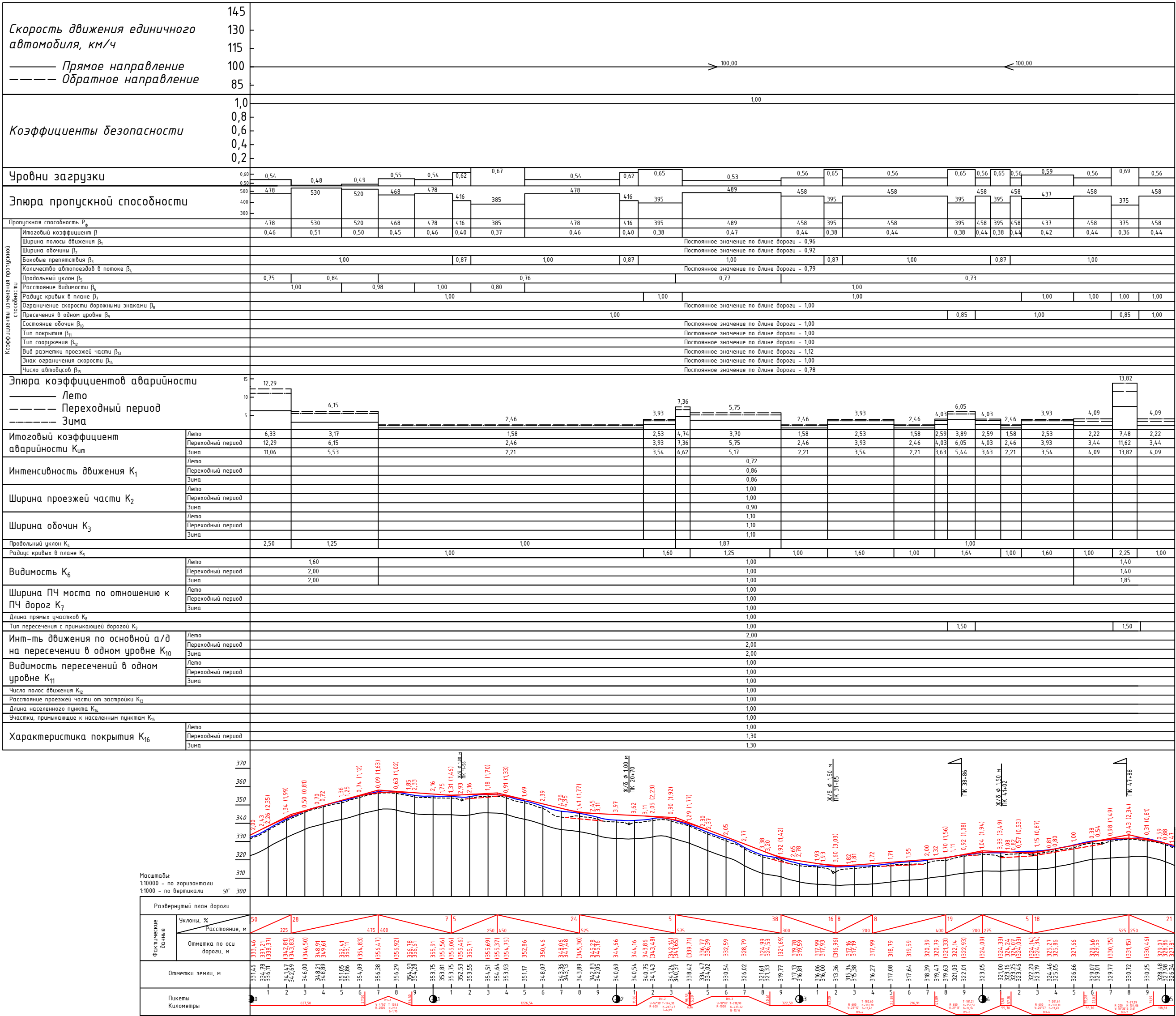
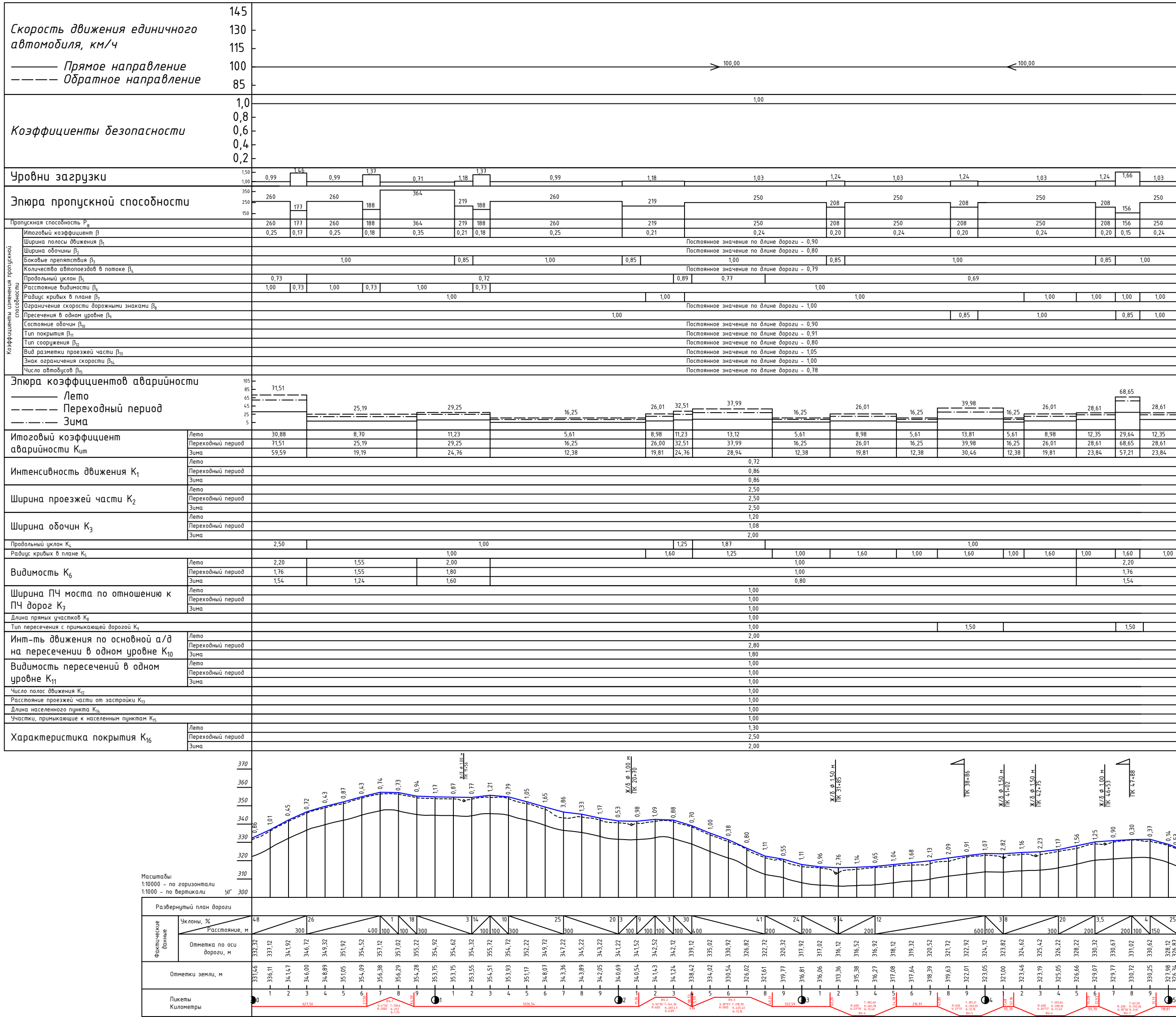
Линейный календарный график

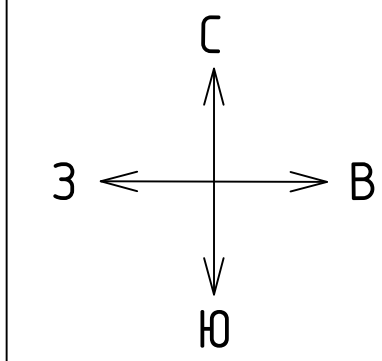


Экспликация

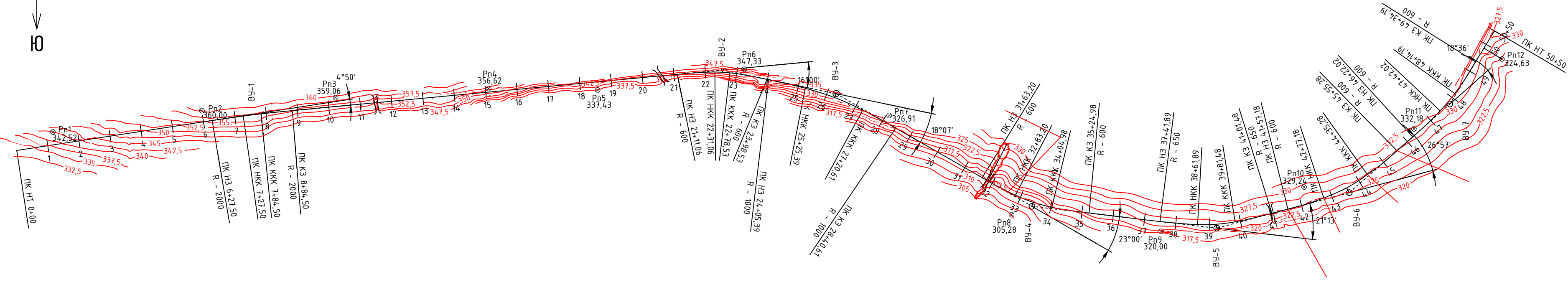
Обозначение	Наименование работ
	Подготовительные работы
	Устройство искусственных сооружений
	Земляные работы
	Устройство слоя основания из гравийной смеси
	Устройство слоя основания из щебня
	Устройство слоя основания из чёрного щебня
	Устройство покрытия из асфальтобетонной смеси
	Обустройство

					ВКР - 08.03.01.00.15 - 2017			
					Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол. уч.	Лист № док.	Подп.	Дата	Проект реконструкции участка автомобильной дороги IV категории в Ангарском районе Иркутской области	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Поталов А.А.				У	7	7
Пров.		Жуков В.И.						
Т. контр.								
					Линейный-календарный график	Кафедра АДУГС		
Утв.		Серванский В.В.						





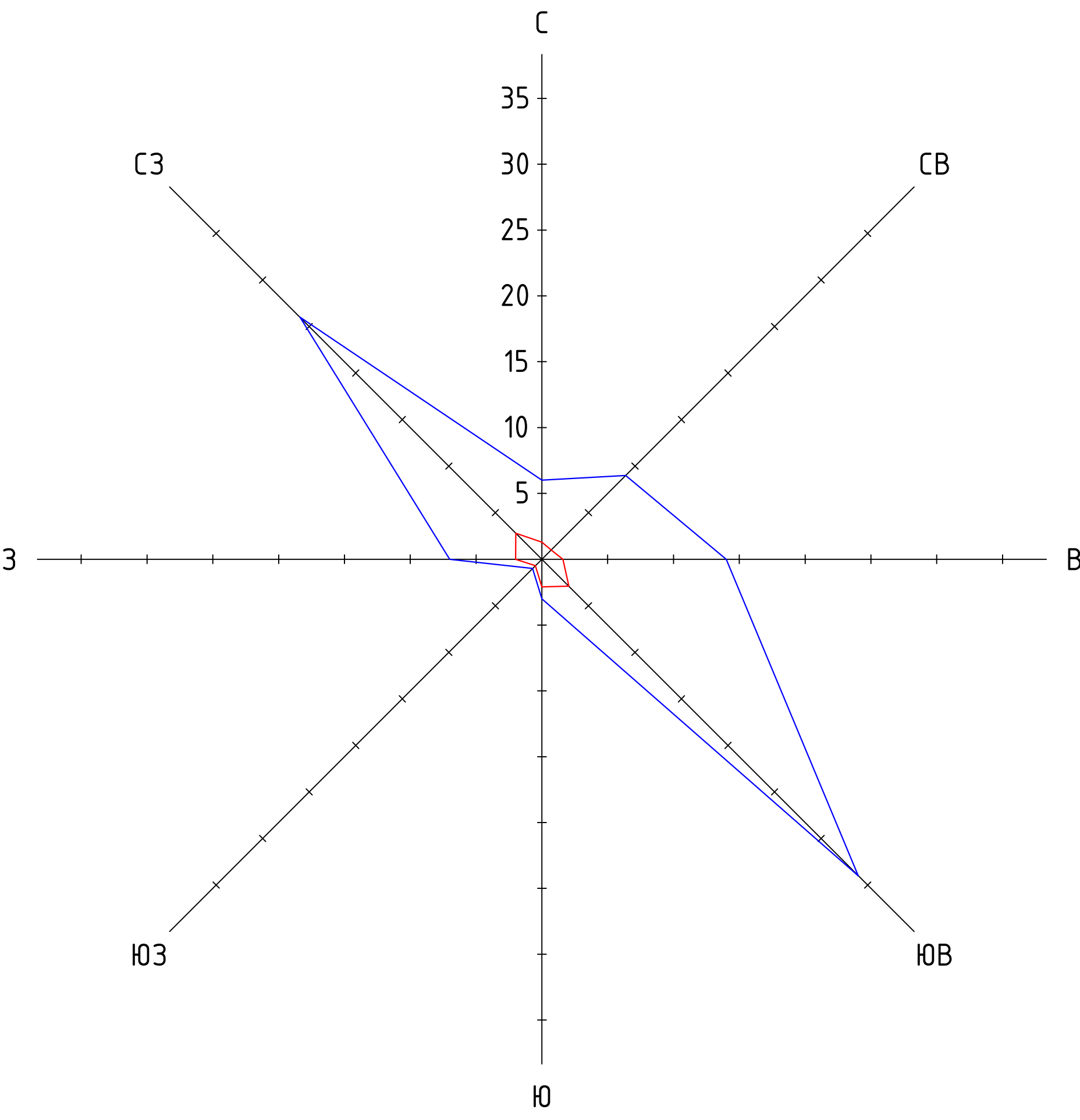
План трассы
М 1:10000



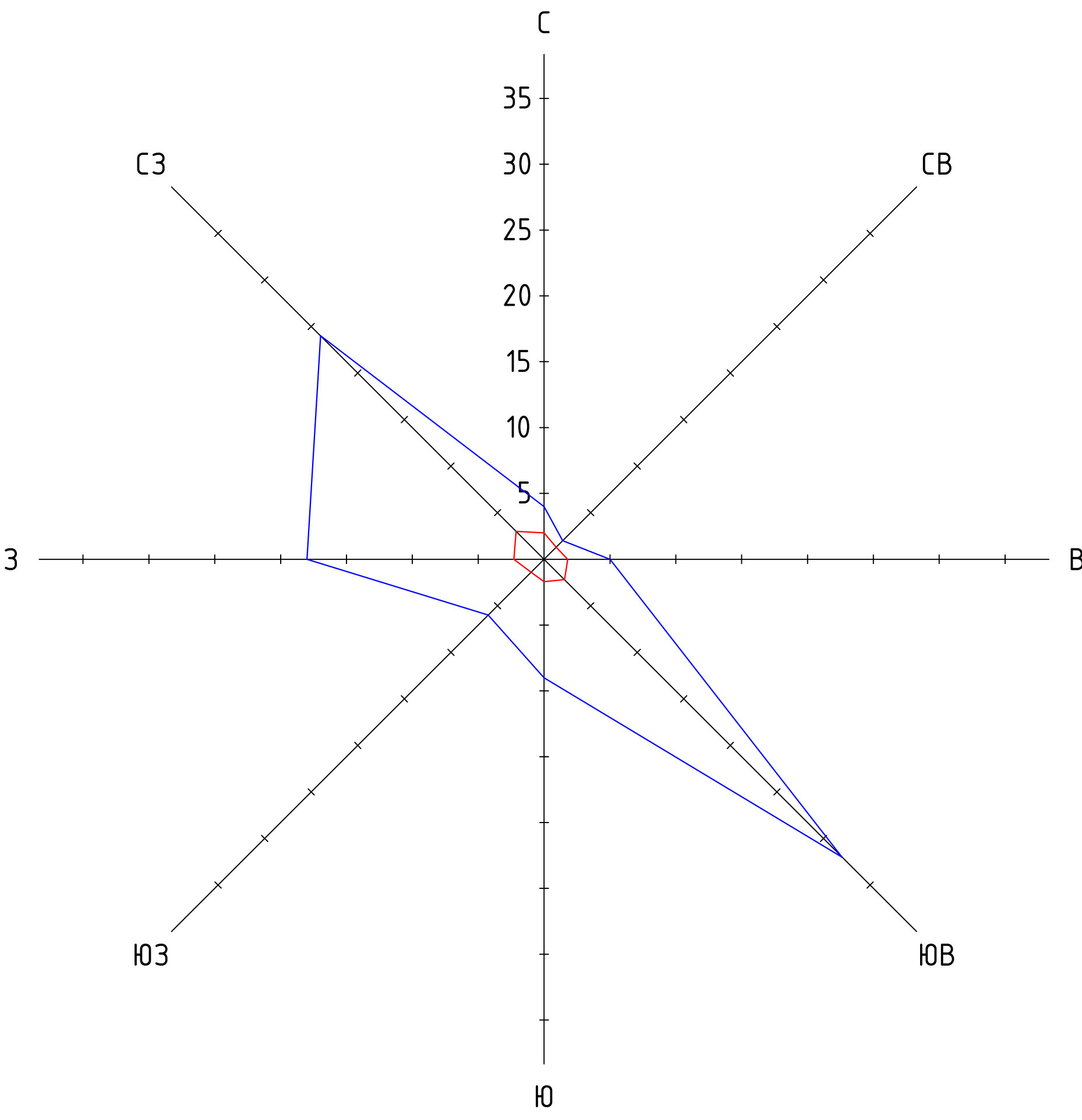
Ведомость углов поворота, прямых и кривых

Точка	Положение вершины угла			Величина угла поворота		Радиус, м	Элемент кривой, м					Положение переходных кривых								Расстояние между вершинами углов, м	Длина прямой, м			
	КМ	ПК	+	влево	вправо		тангенс	тангенс	переходные кривые	кривая кривая	диск-сектриса	начало	конец	конец	начало	конец								
НТ	0	0	0																					
ВУ1	0	7	56,10		4°50'	2000	128,60	128,60	100	100	257	1,75	6	27,50	7	27,50	7	84,50	8	84,50				
ВУ2	2	2	55,36		16°00'	600	144,30	144,30	120	120	287,47	6,89	21	11,06	22	31,06	22	78,53	23	98,53				
ВУ3	2	6	24,38		18°07'	1000	218,99	218,99	120	120	435,22	13,16	24	05,39	25	25,39	27	20,61	28	40,61				
ВУ4	3	3	45,80		23°00'	600	182,60	182,60	120	120	361,78	13,40	31	63,20	32	83,20	34	04,98	35	24,98				
ВУ5	3	9	23,10		21°13'	650	181,21	181,21	120	120	359,59	12,16	37	41,89	38	61,89	39	81,48	41	01,48				
ВУ6	4	3	58,82		26°57'	600	201,64	201,64	120	120	398,1	17,49	41	57,18	42	77,18	44	35,28	45	55,28				
ВУ7	4	7	78,96		18°36'	600	156,94	156,94	120	120	312,17	8,78	46	22,02	47	42,02	48	14,19	49	31,19				
КТ	5	0	50,00																					

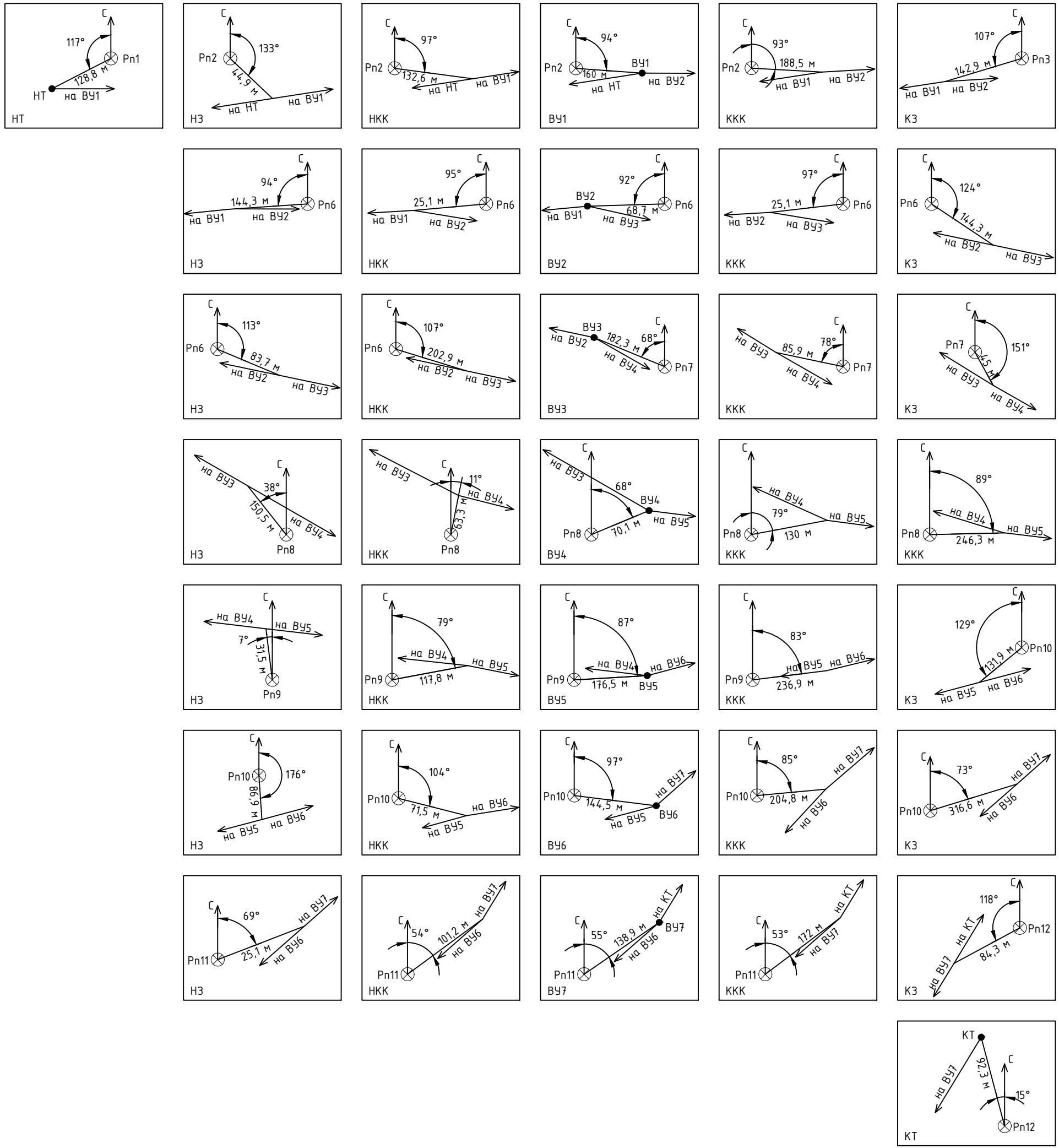
Роза ветров за январь



Роза ветров за июль



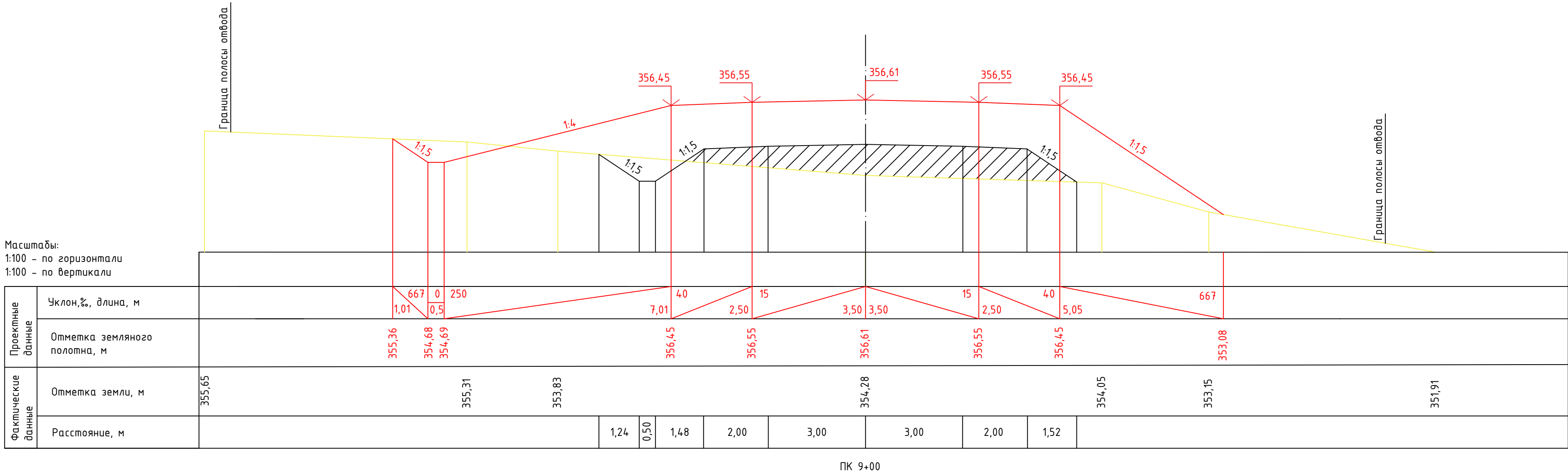
Привязка трассы



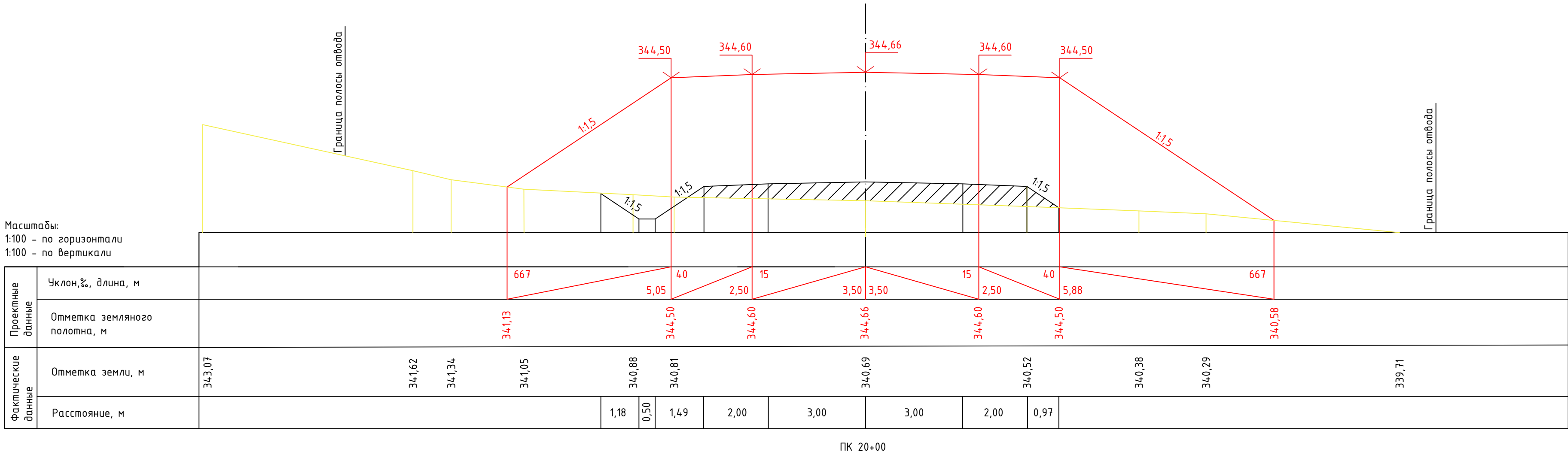
Повторяемость, %
Скорость ветра, м/с

Конструкции поперечных профилей земляного полотна

Тип 1 (насыпь от 0 до 3 м)

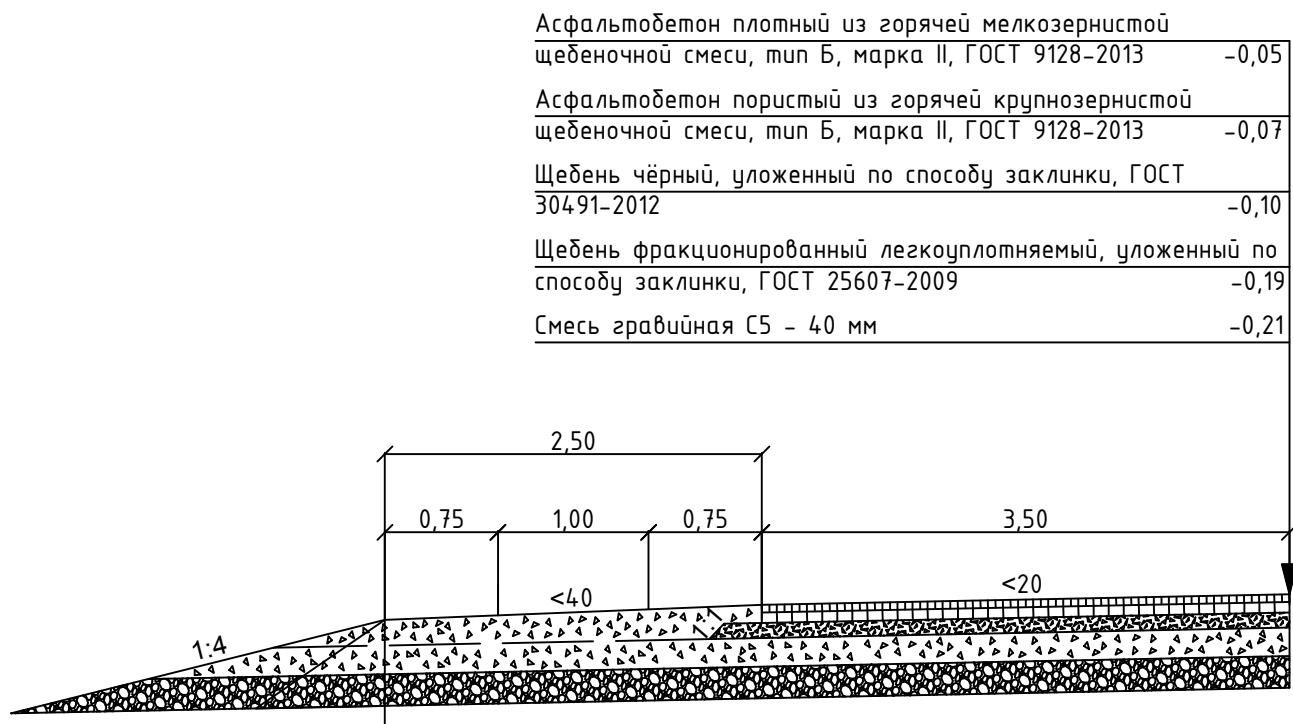


Тип 2 (насыпь от 3 до 6 м)

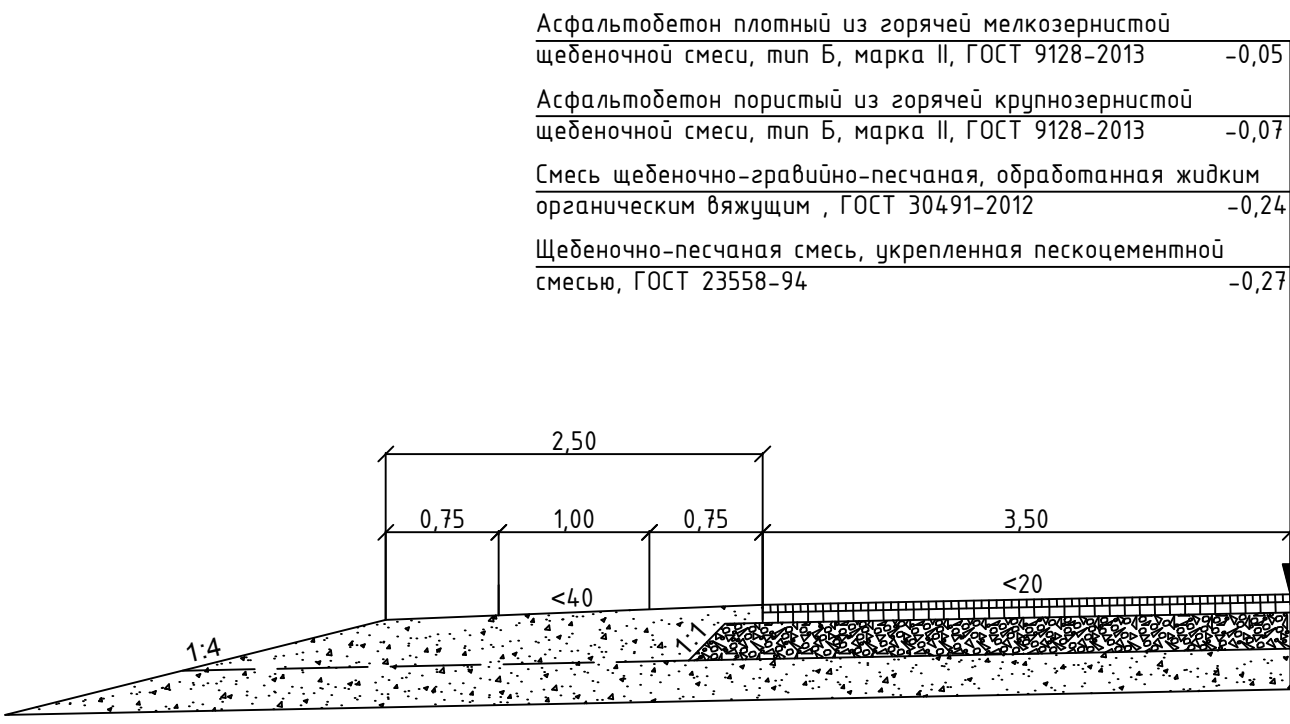


Варианты конструкции дорожной одежды
М 1:50

1 вариант



2 вариант



Привязка поперечных профилей

Тип поперечного профиля	Местоположение		Расстояние, м
	С ПК+	По ПК+	
1	0+00	1+00	100
1	1+00	2+00	100
1	2+00	3+00	100
1	3+00	4+00	100
1	4+00	5+00	100
1	5+00	6+00	100
1	6+00	7+00	100
1	7+00	8+00	100
1	8+00	9+00	100
1	9+00	10+00	100
1	10+00	11+00	100
1	11+00	12+00	100
1	12+00	13+00	100
1	13+00	14+00	100
1	14+00	15+00	100
1	15+00	16+00	100
1	16+00	16+15,15	15,15
2	16+15,15	17+00	84,85
2	17+00	17+61,90	61,90
1	17+61,90	18+00	38,10
1	18+00	18+88,80	88,80
2	18+88,80	19+00	11,20
2	19+00	20+00	100
2	20+00	21+00	100
2	21+00	21+65,55	65,55
1	21+65,55	22+00	34,45
1	22+00	23+00	100
1	23+00	24+00	100
1	24+00	25+00	100
1	25+00	26+00	100
1	26+00	27+00	100
1	27+00	27+10,95	10,95
2	27+10,95	28+00	89,05
2	28+00	28+21,65	21,65
1	28+21,65	29+00	78,35
1	29+00	30+00	100
1	30+00	31+00	100
1	31+00	31+87,45	87,45
2	31+87,45	32+00	12,55
2	32+00	32+18,50	18,50
1	32+18,50	33+00	81,50
1	33+00	34+00	100
1	34+00	35+00	100
1	35+00	36+00	100
1	36+00	37+00	100
1	37+00	38+00	100
1	38+00	39+00	100
1	39+00	40+00	100
1	40+00	40+93,95	93,95
2	40+93,95	41+00	6,05
2	41+00	41+07,25	7,25
1	41+07,25	42+00	92,75
1	42+00	43+00	100
1	43+00	44+00	100
1	44+00	45+00	100
1	45+00	46+00	100
1	46+00	47+00	100
1	47+00	48+00	100
1	48+00	49+00	100
1	49+00	50+00	100
1	50+00	50+50	50

ВКР - 08.03.01.00.15 - 2017			
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм. Кол. уч.	Лист № док.	Подп.	Дата
Разраб. Жуков В.И.	Попов А.А.		
Пров.	Жуков В.И.		
Т. контр.			
Учлб. Сербинский В.В.			
Проект реконструкции участка автомобильной дороги IV категории в Ангарском районе Иркутской области			
Поперечные профили земляного полотна с привязкой к трассе, варианты конструкции дорожной одежды			
Лит.	Лист	Листов	
У	4	8	
Кафедра АДУГС			

График распределения земляных масс

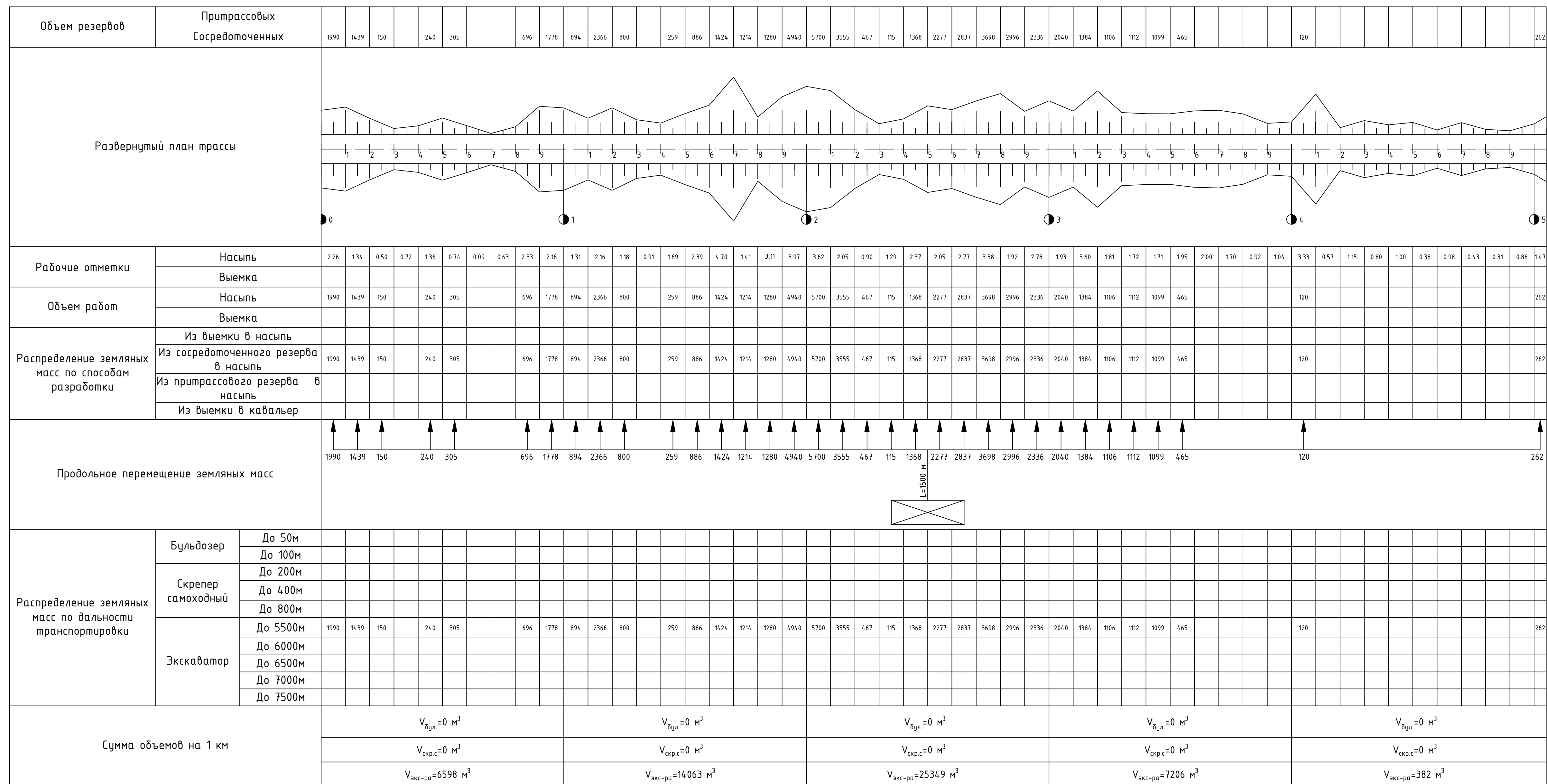
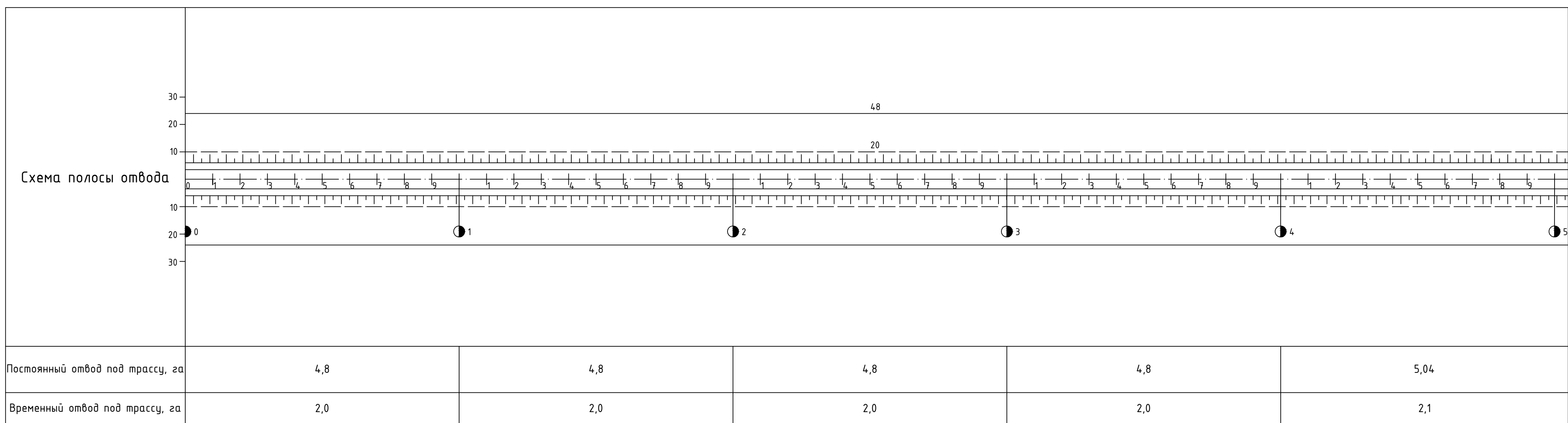


Схема полосы отвода земель



						ВКР – 08.03.01.00.15 – 2017			
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Жол. уч.	Лист № док.	Подп.	Дата		Проект реконструкции участка автодорожной дороги IV категории в Ангарском районе Иркутской области	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Пополов А.А.					У	5	8
Пров.		Хуков В.И.							
Т. контр.									
						График распределения земельных масс Схема полосы отвода земель	Кафедра АДУГС		
Учтв.		Сербатинский В.В.							

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В. В. Серватинский

подпись

«___» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Потапову Александру Александровичу
Группа ДС 13-12 Направление (специальность) 08.03.01.00.15
«Автомобильные дороги»

Тема выпускной квалификационной работы: Проект реконструкции автомобильной дороги IV категории в Ангарском районе Иркутской области.

Утверждена приказом по университету № 6962 от 30.05.17.

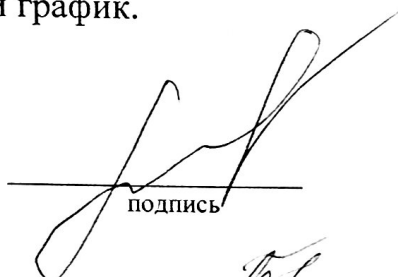
Руководитель ВКР В. И. Жуков, профессор кафедры автомобильных дорог и городских сооружений, ИСИ СФУ.

Исходные данные для ВКР: план и продольный профиль существующей дороги, интенсивность движения, район проектирования, климатические данные.

Перечень разделов ВКР: природные условия района проектирования, анализ существующей дороги, реконструкция дороги, обустройство дороги, деталь, соображения по организации реконструкции.

Перечень графического материала: план, комплексная оценка безопасности движения дороги до и после реконструкции, детальный продольный профиль реконструируемой дороги, типы поперечных профилей, график распределения земляных масс, схема полосы отвода земель, варианты дорожной одежды, детальное проектирование, линейный календарный график.

Руководитель ВКР


подпись

В. И. Жуков

Задание принял к исполнению


подпись

А. А. Потапов

« ____ » мая 2017 г.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В. В. Серватинский
подпись
« ____ » _____ 20 ____ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

На тему: Проект реконструкции участка автомобильной дороги IV категории
в Ангарском районе Иркутской области

08.03.01 «Строительство»
08.03.01.0015 «Автомобильные дороги»

Руководитель _____
подпись, дата

профессор, к.т.н.
должность, ученая степень

В. И. Жуков
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

А. А. Потапов
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Природные условия района проектирования.....	5
1.1 Климат.....	5
1.2 Рельеф.....	8
1.3 Растительность и почвы.....	8
1.4 Инженерно – геологические условия.....	8
1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов	8
1.6. Заключение по природным условиям района проектирования.....	9
2 Анализ существующей дороги.....	9
2.1 План трассы.....	9
2.2 Земляное полотно.....	9
2.3 Искусственные сооружения.....	10
2.4 Дорожная одежда.....	10
2.5 Обустройство дороги.....	11
2.6 Комплексная оценка безопасности движения на существующей дороге.....	11
2.6.1 Расчет скоростей движения.....	11
2.6.2 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов аварийности.....	12
2.6.3 Оценка по графикам коэффициента безопасности.....	13
2.6.4 Оценка по пропускной способности.....	14
2.6.5 Заключение по комплексной оценке безопасности движения.....	16
3 Реконструкция дороги.....	16
3.1 Определение категории дороги.....	16
3.2 План трассы.....	19
3.3 Продольный профиль.....	20
3.3.1 Обоснование руководящих отметок и контрольных точек.....	20
3.3.2 Описание проектной линии.....	22
3.4 Поперечный профиль.....	23
3.5 Дорожный водоотвод.....	23
3.6 Расчет дорожной одежды	24
3.6.1 Расчет первого варианта дорожной одежды.....	27
3.6.2 Расчет второго варианта дорожной одежды.....	30
3.7 Искусственные сооружения.....	31
3.8 Комплексная оценка безопасности движения на реконструированной дороге.....	32
3.9 Подсчет объема земляных работ.....	33
3.10 Полоса отвода автомобильной дороги.....	34
4 Обустройство дороги.....	34
5 Деталь. Укрепление дна оврага.....	36
5.1 Определение расхода селевого потока.....	36
5.2 Вычисление глубины селевого потока.....	37

5.3	Вычисление предельной скорости передвижения наносов и уравнительного уклона.....	40
5.4	Расчет каскада барражей.....	41
5.5	Гидравлические характеристики селя при уравнительном уклоне, не допускающем размыв и способствующем отложению наносов.....	42
5.6	Расчет длины падения струи с барража.....	43
6	Соображения по организации реконструкции.....	46
	Заключение.....	47
	Список использованных источников.....	48
	Приложение А Расчет объема земляных работ	50
	Приложение Б Локальная смета на устройство первого варианта дорожной одежды.....	56
	Приложение В Локальная смета на устройство второго варианта дорожной одежды	59

Автомобильные дороги – это комплекс инженерных сооружений, предназначенный для непрерывного, удобного и безопасного движения транспортных средств с расчетной нагрузкой и расчетными скоростями.

Земляное полотно, дорожная одежда, искусственные сооружения, комплекс обустройства – основные составляющие комплекса. Эксплуатационное состояние и технический уровень автомобильной дороги определяется состоянием её элементов. В процессе эксплуатации автомобильные дороги воспринимают разнообразные воздействия природно-климатических факторов, автомобилей, что приводит к снижению транспортно-эксплуатационных характеристик и разрушениям. Также, этому способствует увеличение интенсивности движения, осевых нагрузок автомобилей, количества тяжелого автотранспорта в потоке.

В выпускной квалификационной работе рассматривается проект реконструкции существующего участка автомобильной дороги Р-419 «Вилуй» в Ангарском районе Иркутской области, с целью приведения дороги в соответствие с требованиями сложившейся интенсивности движения и состава потока.

1 Природные условия района проектирования

1.1 Климат

Ангарский край Иркутской области относится к 3 подзоне I дорожно-климатической зоны согласно классификации по СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» [1].

Климатическая характеристика района проводится в соответствии с СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [2]. Необходимые для расчетов и проектирования дороги данные приведены в табл. 1 и табл. 2, 4.

Таблица 1 - Ведомость климатических показателей

№п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Величина
1	Абсолютная температура воздуха - минимальная - максимальная	°C	-50 +37
2	Средняя температура наружного воздуха холодной пяти-дневки - 0,98 - 0,92	°C	-38 -33
3	Преобладающее направление ветра: декабрь-февраль июнь-август		ЮВ 3
4	Максимальное из средних скоростей ветра по румбам за январь	м/с	3,0
5	Минимальное из средних скоростей ветра по румбам за июль	м/с	1,7
6	Среднемесячная относительная влажность воздуха: - наиболее холодного месяца - наиболее теплого месяца	%	81 75
7	Количество осадков за: - ноябрь-март - апрель-октябрь	мм	70 407
8	Расчётная толщина снежного покрова обеспеченностью 5%	м	0,4
9	Глубина промерзания	м	2,0

Таблица 2 - Среднемесячная температура воздуха

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Темп, °C	-18,5	-15,5	-7,0	2,1	9,8	15,5	18,1	15,5	9,0	1,5	-7,9	-15,9

Таблица 3 - Повторяемость и скорость ветра за январь

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	6	9	14	34	3	1	7	26
Скорость, м/с	1,3	1	1,6	2,9	2,1	0,7	2,0	2,8

Таблица 4 - Повторяемость и скорость ветра за июль

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	4	2	5	32	9	6	18	24
Скорость, м/с	2	1,3	1,8	2,2	1,7	1,4	2,3	3

По данным табл. 3, 4 строим розы ветров, соответственно, за январь и июль (рис. 1, 2).

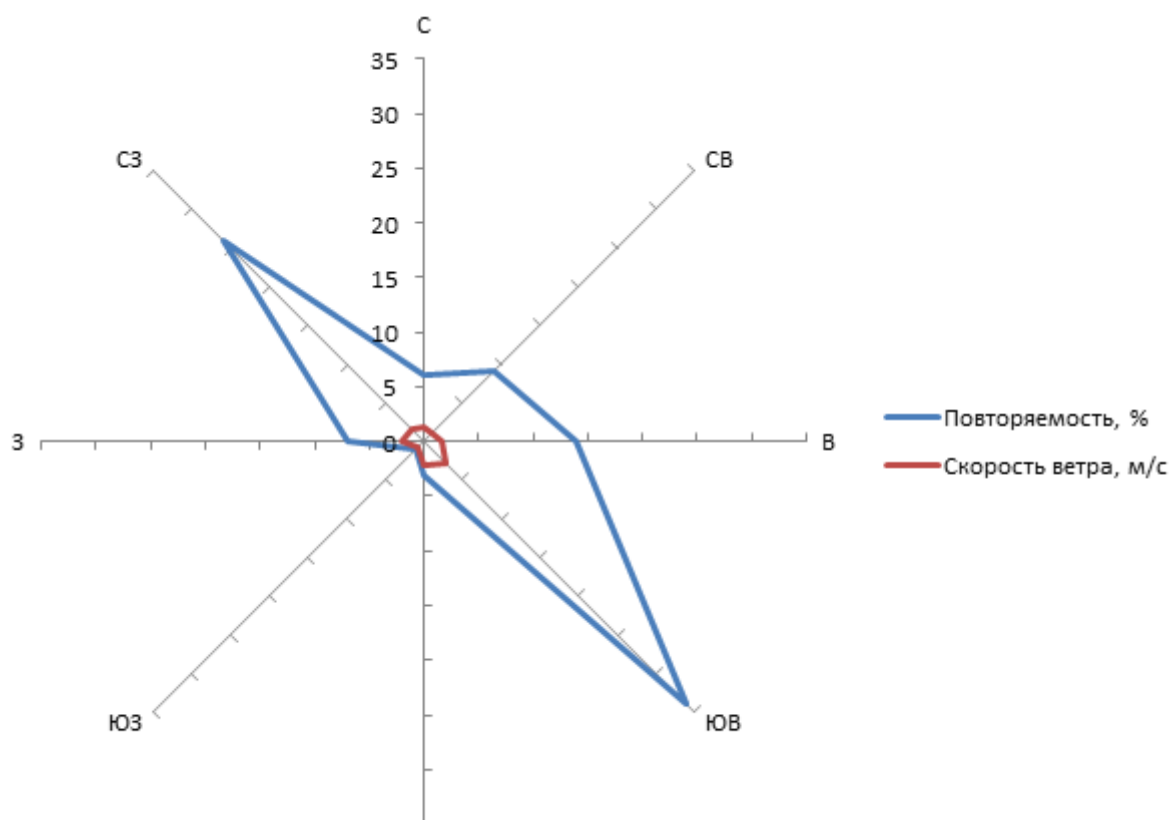


Рисунок 1 – Роза ветров за январь

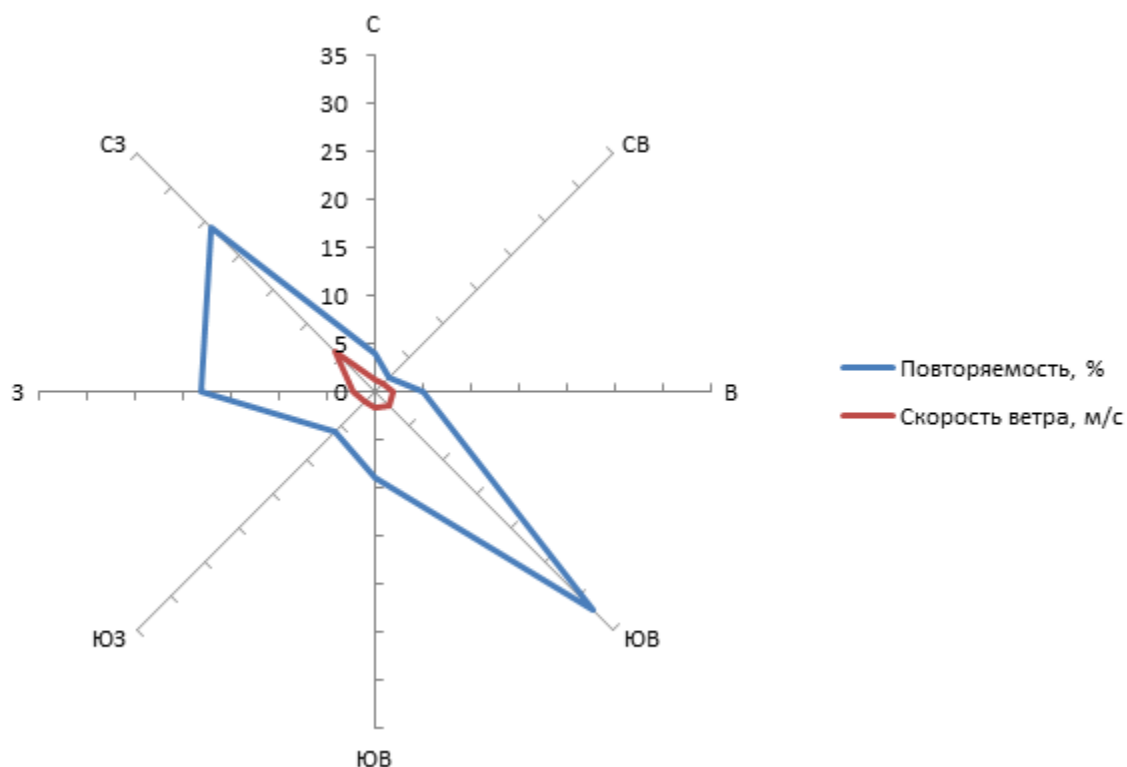


Рисунок 2 – Роза ветров за июль

По данным табл. 2 строим упрощенный дорожный климатический график (рис. 3)

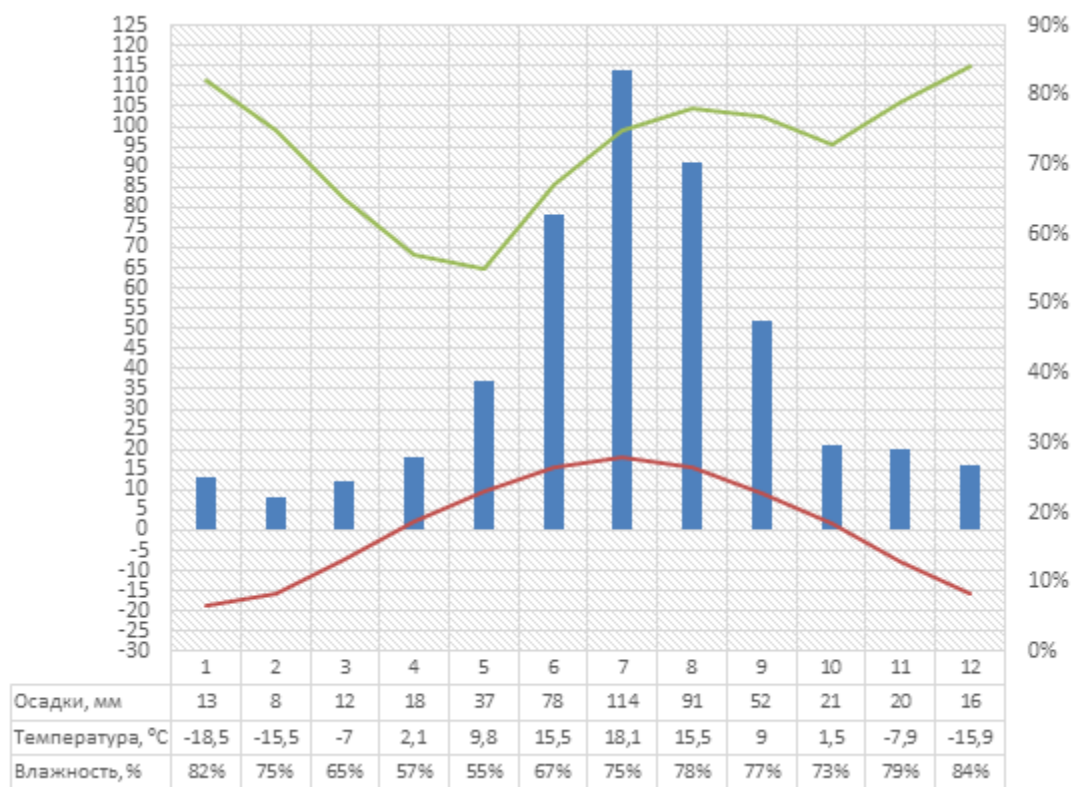


Рисунок 3 – Дорожный климатический график

1.2 Рельеф

Ангарский район расположен в междуречье рек Ангара и Китой. Местность имеет пологий рельеф. Правобережная часть реки Ангара более возвышена и холмиста.

1.3 Растительность и почвы

Пойменная поверхность района покрыта луговыми травами, кустарниками. В лесах преимущественно растет кедр, сосна, лиственница, ель, пихта, встречаются травянистые, а также луговые растения. Хвойные занимают больше половины территории, лиственничные же растут очагами. Частично сохранились остатки леса из берез.

Почвы под сельскохозяйственными участками горожан и предприятий в основном песчаные и торфяно-болотистые с небольшим слоем гумуса. Также имеются подзолистые почвы, имеются черноземы и болотистые участки. Для горных районов характерны горно-лесные подзолистые и горно-тундровые почвы с обнажениями коренных пород и каменистых россыпей.

1.4 Инженерно-геологические условия

Для территории Ангарска характерно чередование слоев глины и песка. Имеется горно-обогащительный комбинат производящий щебень различной фракции и его отсев.

На юго-восточном и северо-западном побережьях Байкала периодически наблюдаются мощные селевые потоки.

В Прибайкалье имеется два типа гидрогеологических резервуаров с различной глубиной залегания – бассейнов подземных пластовых вод и массивов трещинных и жильно-трещинных вод. На глубине около 100 м располагается мощный слой грунтовых вод. Слабохолмистый характер поверхности обеспечивает поверхностный сток воды. Процесс заболачивания обуславливается местами равнинной местностью.

1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов

Из широкого круга неметаллических полезных ископаемых на территории Ангарска в эксплуатации находятся месторождения глин, стекольных песков, гипса. Известняки имеют широкое распространение на берегу Байкала, в долинах рек Иркут, Олха и др. Гравийно-песчаные смеси, как и глины, широко распространены и залегают в аллювиальных отложениях островов и речных трасс.

1.6 Заключение по природным условиям района проектирования

Климатические, инженерно-геологические условия, форма рельефа не препятствуют строительству дороги. При возведении земляного полотна и подборе дорожной одежды следует учесть дорожно-климатическую зону района, а также обратить особое внимание на климатические характеристики.

В целом, район пригоден для строительства дороги.

2 Анализ существующей дороги

Участок существующей автомобильной дороги Р-419 «Виллой» относится к дорогам регионального значения, соединяющий областной центр с сетью федеральных автодорог. Общая протяженность участка трассы 5050 метров. Начало трассы на ПК 0+00 соответствует 179 км существующей автомобильной дороги Братск - Усть-кут. Конец трассы на ПК 50+50 соответствует 229,5 км той же дороги. Растительность вдоль трассы на всем протяжении участка представлена кустарником. С ПК 31+80 по ПК 31+89 дорога пересекает овраг.

2.1 План трассы

Длина существующего участка трассы составляет 5050 м. Трасса имеет 7 углов поворота. Наибольший радиус кривой составляет 2000 м, наименьший 600 м. На ПК 47+50 к трассе примыкает дорога IV категории под углом 86°, на ПК 38+86 примыкает дорога IV категории под углом 91°.

Геометрические элементы плана трассы существующей дороги соответствуют параметрам для дорог III категории, поэтому возможно проведение реконструкции с совмещением осей дорог без изменения радиусов кривых.

2.2. Земляное полотно

Наименьший радиус выпуклой кривой – 1696 м, вогнутой кривой – 3391 м. Наибольший продольный уклон составляет 48 ‰, наименьший – 1 ‰. С ПК 7+00 по ПК 8+00, с ПК 9+00 по ПК 12+00, с ПК 20+00 по ПК 21 +00, с ПК 22+00 по ПК 23+00, с ПК 32+00 по ПК 34+00, с ПК 40+00 по ПК 41+00, с ПК 46+00 по ПК 49+00 значения продольного уклона не отвечают требованиям СП 34.13330.2012 [1, п. 7.59], поэтому, земляное полотно будет подвержено размыву.

Под воздействием природно-климатических факторов, а также подвижного состава, параметры конструкции поперечного профиля дороги изменились следующим образом: ширина проезжей части уменьшилась с 6,0 м до 5,2 м; силуэт обочины выражен нечетко. Заложение откосов на протяжении всей дороги составляет 1:1,5, что не удовлетворяет требованию СП 34.13330.2012

[1, п. 7.27]. На всем протяжении дорога находится в насыпи с величиной отметок от 0,14 м до 3,86 м.

В процессе эксплуатации автомобильной дороги кюветы были засорены различными отходами жизнедеятельности, что не позволяет обеспечить надлежащий поверхностный водоотвод.

Параметры продольного профиля существующей дороги отчасти не соответствует нормативным значениями для дорог III категории, поэтому, в соответствии с требованиями СП 34.13330.2012 [1, табл. 5.3, 5.12, а также п. 7.27, 7.59] необходимо перепроектировать проектную линию продольного профиля, а также внести корректировки в поперечный профиль земляного полотна.

2.3 Искусственные сооружения

Поперечный водоотвод осуществляется при помощи водопропускных круглых железобетонных труб диаметрами 1,0 м и 1,5 м, находящихся на ПК 11+56, ПК 20+70, ПК 31+85, ПК 41+02, ПК 42+75, ПК 46+53. Существующие искусственные сооружения находятся в хорошем состоянии, замена не требуется. Местоположение и характеристики водопропускных труб представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Ведомость искусственных сооружений

№	ПК +	Наименование водотока	Тип и отверстие сооружения	Угол поворота к оси дороги,	Полная длина
1	11+56	пониженное место	Круглая сборная ж/б труба d = 1,0 м	85	16,67
2	20+70	пониженное место	Круглая сборная ж/б труба d = 1,0 м	58	21,95
3	31+85	лог	Круглая сборная ж/б труба d = 1,5 м	90	19,65
4	41+02	лог	Круглая сборная ж/б труба d = 1,5 м	90	17,74
5	42+75	пониженное место	Круглая сборная ж/б труба d = 1,5 м	95	13,02
6	46+53	пониженное место	Круглая сборная ж/б труба d = 1,0 м	96	11,74

2.4 Дорожная одежда

Дорожная одежда существующего участка дороги устроена из гравийной смеси и относится к переходному типу покрытий. Толщина покрытия со временем истончилась под весом подвижного состава, а также механического взаимодействия с колесами автомобилей. В некоторых местах образовались впадины, а также «гребенка».

2.5 Обустройство дороги

По всей длине дороги отсутствуют ограждения, освещение, направляющие элементы. Установлены основные дорожные знаки, некоторые из них находятся в неудовлетворительном состоянии.

2.6 Комплексная оценка безопасности движения на существующей дороге

Комплексная оценка безопасности движения выполняется в соответствии с учебным пособием «Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог» [4].

2.6.1 Расчет скоростей движения

Для оценки скорости движения на существующей дороге используем метод А. Е. Бельского. Этот метод позволяет анализировать движение по продольному профилю, состоящему из прямых и круговых кривых.

Данные для расчета:

- 1) Автомобиль ГАЗ-24 «Волга»;
- 2) Начальная скорость $V_0 = 145$ км/ч;
- 3) Прямолинейный продольный профиль, начальный уклон 48 ‰;
- 4) длина подъема 300 м, движение на IV передаче;
- 5) Покрытие гравийное со значением коэффициента сопротивления качению $f=0,03$.

Расчетная скорость определяется по формуле:

$$V = \sqrt{(V_0^2 - L) \cdot e^{-2nx} + L}, \quad (1)$$

где L – параметр автомобиля, определяемый по «Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог» [4, табл. 1 прил. 1] либо по формуле (2);

V_0 – начальная максимальная скорость движения;

e^{-2nx} – числовое значение, определяемое по «Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог» [4, табл. 3 прил. 1] в зависимости от автомобиля, расчетного расстояния, передачи и уклона.

$$L = \frac{1}{b} [a - G(f \mp i_1)], \quad (2)$$

где a и b – параметры, характеризующие тип автомобиля и передачу, на которой осуществляется движение, принимаемый по «Комплексная оценка без-

опасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог» [4, табл. 2 прил. 1];

G – вес груженого автомобиля, 1915 кг;

f – коэффициент сопротивления качению.

Расчет производится в прямом и обратном направлениях трассы и сводится в табл. 6.

Таблица 6 – Расчет скоростей движения на существующей дороге

№	X, м	Пере- дача	i, ‰	L	e^{-2nx}	Формула	Величина V_i		Ограни- чение
							м/с	км/ч	
В прямом направлении									
1	300	4	-0,048	1188	0,72	$\sqrt{(40,27^2 - 1188) \cdot 0,72 + 1188}$	38,73	139,4	100
На всем протяжении скорость постоянна							27,78	145	100
В обратном направлении									
На всем протяжении скорость постоянна							27,78	145	100

Ограничиваем скорость автомобиля допустимой для III категории, равной 100 км/ч.

График скоростей представлен на листе № 2 графической части. По данным расчета видно, что скорость движения автомобиля ГАЗ – 24 «Волга» по трассе в прямом и обратном направлениях составляет 100 км/ч.

2.6.2 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов аварийности

Для оценки условий движения используют метод сезонных графиков коэффициентов аварийности, позволяющий учитывать изменения условий движения на дороге.

Коэффициент аварийности представляет собой произведение частных коэффициентов, учитывающий влияние отдельных элементов плана, продольного и поперечного профилей, определяемый по формуле:

$$K_{\text{ав.ит.}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_{18}, \quad (3)$$

где K_1, \dots, K_{18} – частные коэффициенты, определяемые отношением количества ДТП на участке дороги при той или иной величине элемента плана или профиля к количеству ДТП на эталонном горизонтальном прямом участке дороги с проезжей частью 7,5 м с шероховатым покрытием и укрепленными обочинами.

Значения и характеристики частных коэффициентов приведены в пособии «Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог» [4, табл. 1 прил. 3].

Сезонные графики коэффициентов аварийности строят отдельно для лета, зимы и переходного периода. В переходный период объединяют весенний и осенний периоды из учета сравнительно одинаковых условий движения. Расчетные значения параметров дороги, необходимые для определения частных коэффициентов аварийности, вычисляют путем умножения нормативных значений дороги на поправочные коэффициенты, учитывающие изменение параметров дороги по периодам года.

Значение итогового коэффициента аварийности с ПК 0+00 по ПК 3+00 равно 71,51; с ПК 3+00 по ПК 9+00 равно 25,19; с ПК 9+00 по ПК 13+00 равно 29,25; с ПК 13+00 по ПК 21+48,8, с ПК 28+39,2 по ПК 31+54,5, с ПК 35+16,3 по ПК 37+40,2, с ПК 40+99,8 по ПК 42+12,7 равно 16,25; с ПК 21+48,8 по ПК 23+00, с ПК 31+54,5 по ПК 35+16,3, с ПК 42+12,7 по ПК 44+98,1 равно 26,01; с ПК 23+00 по ПК 24+04 равно 32,51; с ПК 24+04 по ПК 28+39,2 равно 37,99; с ПК 37+40,2 по ПК 40+99,8 равно 39,98; с ПК 47+10,5 по ПК 48+44,6 равно 68,65; с ПК 44+98,1 по ПК 47+10,5, с ПК 48+50 по ПК 50+50 28,61.

Эпюра коэффициентов аварийности представлена на листе № 2 графической части.

2.6.3 Оценка по графикам коэффициентов безопасности

Практика эксплуатации дорог показывает, что наиболее безопасной для движения является плавная трасса без резких переломов в плане и профиле и допускающая движение автомобилей с высокими скоростями, мало отличающимися на смежных участках. Для оценки безопасности движения строят эпюры скоростей движения, и, используя их, строят графики коэффициентов безопасности

Коэффициент безопасности определяют по формуле:

$$K_{\text{без.}} = \frac{V_{\text{min}}}{V_{\text{max}}}, \quad (4)$$

где V_{min} - минимальная скорость движения, обеспечиваемая тем или иным участком дороги;

$V_{\text{max в}}$ - максимально возможная скорость въезда автомобилей на этот участок.

Соотношение скоростей принимают по эпюре скоростей движения при изменении координат скоростей по длине дороги. Далее по значениям коэффициентов безопасности строят график, на котором выделяют участки по степени опасности, уделяя особое внимание участкам, где $K_{\text{без.}} < 0,8$. В табл. 7 приведена характеристика условий движения в зависимости от коэффициента безопасности.

Таблица 7 – Оценка участков движения по графикам коэффициентов безопасности

Коэффициент безопасности, $K_{\text{без}}$	Характеристика условий движения на участке
0,4	Очень опасные
0,4-0,6	Опасные
0,6-0,8	Малоопасные
0,8	Практически неопасные

$$K_{\text{без.}} = \frac{100}{100} = 1,0.$$

Значение коэффициента безопасности движения на протяжении всего участка дороги равно 1,0.

Эпюра коэффициентов безопасности представлена на листе № 2 графической части.

2.6.4 Оценка по пропускной способности

Называется максимальное количество автомобилей, которое может пройти по дороге за определенный отрезок времени при определенном режиме движения называется пропускной способностью.

Различают максимальную теоретическую способность, определяемую расчетом по формулам динамической задачи теории движения транспортных потоков для идеализированного колонного движения однотипных автомобилей в благоприятных дорожных условиях, и практически типичную пропускную способность – наибольшее число автомобилей, которое может быть пропущено участком дороги в благоприятных погодных условиях. Для второго случая пропускную способность определяют с использованием опытных коэффициентов, отражающих влияние дорожных условий на изменение пропускной способности по сравнению с горизонтальным прямым участком.

Пропускная способность в разных дорожных условиях определяется по формуле:

$$P = \beta \cdot P_{\text{max}}, \quad (5)$$

где β – итоговый коэффициент снижения пропускной способности, определяется по формуле (6);

P_{max} – максимальная приведенная к легковому автомобилю пропускная способность, равная 2000 авт/час для двухполосных дорог в обоих направлениях.

Итоговый коэффициент снижения пропускной способности определяется по формуле:

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \dots \cdot \beta_{15}, \quad (6)$$

где $\beta_1... \beta_{15}$ – частные коэффициенты, учитывающие снижение пропускной способности за счет влияния неблагоприятных условий (принимаются по «Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог» [4, табл. 1-16 прил. 4]).

Пропускная способность с учетом фактического состава движения определяется по формуле:

$$P_{\phi} = \frac{P}{n_1 \psi_1 + n_2 \psi_2 + \dots + n_n \psi_n}, \quad (7)$$

где P – пропускная способность приведенного состава;

n_i – количество (в долях единиц) транспортных средств различных типов;

ψ_i – величина коэффициентов приведения.

При расчете пропускной способности учитывают зону влияния каждого элемента дороги, в пределах которой происходит изменение режима движения потоков автомобилей.

По полученным значениям строят эпюру изменения пропускной способности дороги. Над эпюрой пропускной способности строят график изменения коэффициента загрузки каждого участка Z , определяемого по формуле:

$$Z = \frac{N_{\text{прив}} \cdot 0,1}{P_{\phi}}, \quad (8)$$

где $N_{\text{прив}}$ – приведенная интенсивность движения, авт/час;

P_{ϕ} – пропускная способность с учетом фактического состава движения.

Значение пропускной способности с ПК 0+00 по ПК 2+10, с ПК 3+00 по ПК 6+05, с ПК 13+00 по ПК 20+20 равно 260; с ПК 2+10 по ПК 3+00 равно 177; с ПК 6+05 по ПК 7+00, с ПК 12+06 по ПК 13+00 равно 188; с ПК 7+00 по ПК 11+06 равно 364; с ПК 11+06 по ПК 12+06, с ПК 20+20 по ПК 23+60,5 равно 219; с ПК 23+60,5 по ПК 31+35, с ПК 32+35 по ПК 38+11, с ПК 39+61 по ПК 46+03, с ПК 48+44,6 по ПК 50+50 равно 250; с ПК 31+35 по ПК 32+35, с ПК 38+11 по ПК 39+61, с ПК 46+03 по ПК 47+10,5 равно 208; с ПК 47+10,5 по ПК 48+44,6 равно 156.

Значение уровня загрузки с ПК 0+00 по ПК 2+10, с ПК 3+00 по ПК 6+05, с ПК 13+00 по ПК 20+20 равно 0,99; с ПК 2+10 по ПК 3+00 равно 1,46; с ПК 6+05 по ПК 7+00, с ПК 12+06 по ПК 13+00 равно 1,37; с ПК 7+00 по ПК 11+06 равно 0,71; с ПК 11+06 по ПК 12+06, с ПК 20+20 по ПК 23+60,5 равно 1,18; с ПК 23+60,5 по ПК 31+35, с ПК 32+35 по ПК 38+11, с ПК 39+61 по ПК 46+03, с ПК 48+44,6 по ПК 50+50 равно 1,03; с ПК 31+35 по ПК 32+35, с ПК 38+11 по ПК 39+61, с ПК 46+03 по ПК 47+10,5 равно 1,24; с ПК 47+10,5 по ПК 48+44,6 равно 1,66.

Эпюра пропускной способности и график уровней загрузки представлены на листе №2 графической части.

2.6.5 Заключение по комплексной оценке безопасности

Оценка скоростей движения произведена по методу А. Е. Бельского и на всем протяжении трассы равна 100 км/ч – допустимой для III категории дорог.

На протяжении всей трассы значение коэффициента безопасности оказалось больше 0,8, поэтому, можно говорить о том, что условия движения практически неопасные.

На протяжении всей трассы значения уровня загрузки превышает допустимое, равное 0,7.

Значение коэффициента аварийности более чем на 70 % существующей дороги оказалось выше допустимого, равного 25 - 40, что говорит о небезопасности движения на данных участках.

Вывод: проведенная оценка безопасности показала, что существующая дорога не справляется с расчетной интенсивностью движения и на большинстве участков является аварийной, и опасной для подвижного состава. Исходя из полученных результатов, назначаем реконструкцию данного участка дороги для приведения в соответствие с нормативными показателями.

3 Реконструкция дороги

3.1 Определение категории дороги

Категория реконструируемой автомобильной дороги устанавливается согласно СП 34.13330.2012 [1]. Её назначают по расчетной интенсивности движения, измеряемой в приведенных к легковому автомобилю единицах в сутки. Приведение потока транспортных средств, к потоку, состоящему только из легковых автомобилей, осуществляется с помощью специальных коэффициентов, приведенных в табл. 8 в соответствии с СП 34.13330.2012 [1, табл. 4.2].

Таблица 8 – Коэффициенты приведения для различных транспортных средств

Типы транспортного средства	Грузоподъемность, т	Коэффициент приведения
Легковые автомобили	-	1
Мотоциклы с коляской	-	0,75
Мотоциклы и мопеды	-	0,5
Грузовые автомобили	2	1,5
	4	1,75
	6	2
	7	2,25

Окончание таблицы 8

	8	2,5
	10	2,67
	14	3
	Свыше 14	3,5
Автопоезда	12	3,5
	20	4
	30	5
	Свыше 30	6

Расчетной интенсивностью является перспективная интенсивность движения, при этом перспективный период равен 20 годам. За начальный год перспективного периода принимается год завершения проекта. Данные об интенсивности получают с помощью экономических изысканий.

Исходная интенсивность каждого типа автомобиля определяем по формуле:

$$N = N_{\text{исх}} \cdot \frac{P}{100} \quad (9)$$

где $N_{\text{исх}}$ – исходная интенсивность движения;

P – количество автомобилей в процентах.

$$N_{\text{л.а.}} = N_{\text{исх}} \cdot \frac{P_{\text{л.а.}}}{100} = 600 \cdot \frac{70}{100} = 420 \text{ авт./сут};$$

$$N_{\text{до 2т}} = N_{\text{исх}} \cdot \frac{P_{\text{до 2т}}}{100} = 600 \cdot \frac{5}{100} = 30 \text{ авт./сут};$$

$$N_{\text{2-6т}} = N_{\text{исх}} \cdot \frac{P_{\text{2-6т}}}{100} = 600 \cdot \frac{3}{100} = 18 \text{ авт./сут};$$

$$N_{\text{ап. 20-30т}} = N_{\text{исх}} \cdot \frac{P_{\text{ап. 20-30т}}}{100} = 600 \cdot \frac{3}{100} = 18 \text{ авт./сут};$$

$$N_{\text{ап. св. 30т}} = N_{\text{исх}} \cdot \frac{P_{\text{ап. св. 30т}}}{100} = 600 \cdot \frac{11}{100} = 66 \text{ авт./сут};$$

$$N_{\text{авт.}} = N_{\text{исх}} \cdot \frac{P_{\text{авт.}}}{100} = 600 \cdot \frac{8}{100} = 48 \text{ авт./сут}.$$

Приводим исходный поток к потоку, состоящему из легковых автомобилей с помощью специальных коэффициентов приведения из табл. 7 по формуле:

$$N_{\text{пр.исх}} = N_i K_i, \quad (10)$$

где N_i - исходная интенсивность каждого типа автомобиля;
 K_i - коэффициент приведения для каждого типа автомобиля.

$$N_{\text{л.а. прив.}} = 420 \cdot 1 = 420 \text{ (прив. авт./сут);}$$

$$N_{\text{до 2т прив.}} = 30 \cdot 1,3 = 39 \text{ (прив. авт./сут);}$$

$$N_{\text{2-6т прив.}} = 18 \cdot 1,4 = 25,2 \text{ (прив. авт./сут);}$$

$$N_{\text{ап. 20-30т прив.}} = 18 \cdot 2,7 = 48,6 \text{ (прив. авт./сут);}$$

$$N_{\text{ап. св. 30т прив.}} = 66 \cdot 3,2 = 211,2 \text{ (прив. авт./сут);}$$

$$N_{\text{авт. прив.}} = 48 \cdot 3 = 144 \text{ (прив. авт./сут).}$$

Суммарную интенсивность движения приведенных автомобилей определяем по формуле:

$$N_{\text{пр.исх}} = \sum_{i=1}^M N_i K_i, \quad (11)$$

$$N_{\text{пр.исх}} = 420 + 39 + 25,2 + 48,6 + 211,2 + 144 = 888 \text{ (прив. авт./сут).}$$

Перспективную интенсивность движения определяем по формуле:

$$N = N_{\text{пр.исх}} \left(1 + \frac{P}{100}\right)^t, \quad (12)$$

где $N_{\text{пр.исх}}$ - исходная интенсивность движения, измеряемая в приведенных автомобилях;

P - коэффициент ежегодного прироста;

t - срок службы автомобильной дороги, равный 20 годам.

$$N = 888 \cdot \left(1 + \frac{5,5}{100}\right)^{20} = 2591 \text{ (прив. авт./сут).}$$

Вывод: согласно СП 34.13330.2012 [1, табл. 4.1] полученное значение перспективной интенсивности движения превышает допустимое, равное 2000 приведенных автомобилей в сутки для дороги IV категории, на основе чего принимаем решение о переводе данной автомобильной дороги в более высокую категорию, то есть III, с целью приведения в соответствие с требованиями сложившейся интенсивности движения.

Основные технические показатели автомобильной дороги назначаются в соответствии с СП 34.13330.2012 [1] и ГОСТ Р 52399-2005 [3] и заносятся в табл. 9.

Таблица 9 – Основные технические показатели автомобильной дороги

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
1 Категория дороги	-	III
2 Расчетная интенсивность движения	прив.ед/сут.	2591
3 Расчетная скорость движения	км/ч	100
4 Число полос движения	шт.	2
5 Ширина полосы движения	м	3,5
6 Ширина проезжей части	м	7
7 Ширина обочин	м	2,5
8 Ширина краевой полосы у обочины	м	0,5
9 Ширина укрепленной части обочины	м	0,5
10 Ширина земляного полотна без ограждений	м	12
11 Поперечный уклон проезжей части и краевой полосы в зависимости от дорожно-климатической зоны (при асфальтобетонном покрытии)	‰	15
12 Поперечный уклон обочины за пределами краевой полосы	‰	40
13 Наименьшие радиусы кривых в плане	м	600
14 Наибольший продольный уклон	‰	50
15 Допускаемый наибольший продольный уклон на трудных участках	‰	50
16 Наименьшие радиусы выпуклых кривых в продольном профиле	м	10000
17 Наименьшие радиусы выпуклых кривых, допускаемые на трудных участках	м	5000
18 Наименьшие радиусы вогнутых кривых продольного профиля	м	3000
19 Расчетные расстояния видимости в продольном профиле: - для остановки - для встречного автомобиля - при обгоне	м	200 350 700

3.2 План трассы

Ось проектируемого варианта трассы совпадает с осью существующей дороги. Геометрические элементы в плане не изменены. Имеется 7 углов поворота. Радиусы углов поворота соответствуют минимально допустимым для III категории дороги в соответствии с СП 34.13330.2012 [1].

За начало реконструируемого участка принят ПК 0+00, соответствующий ПК 179+00 существующей автомобильной дороги Р-419 «Виллой», за конец участка принят ПК 50+50, соответствующий ПК 229+50 той же дороги.

План трассы, ведомость углов поворота, прямых и кривых, привязка трассы представлены на листе № 1 графической части.

3.3 Продольный профиль

В соответствии с СП 34.13330.2012 [1] были приняты минимальные радиусы вертикальных кривых при расчетной скорости движения 100 км/ч для дорог III категории: выпуклых – 10000 метров; вогнутых – 3000 метров. Также соблюдены длины непрерывно выпуклых – не менее 300 метров, непрерывно вогнутых – не менее 100 метров, для обеспечения плавного сопряжения элементов плана трассы.

3.3.1 Обоснование руководящих отметок и контрольных точек

Руководящие отметки необходимы для того, чтобы установить оптимальную высоту насыпи, обеспечивающую нормальные условия эксплуатации земляного полотна. По условию увлажнения верхней толщи грунтов различают три типа местности по увлажнению: I тип – сухие участки с обеспеченным стоком воды (уклон более 5 ‰); II тип – сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года (не более 30 суток); III тип – мокрые участки с постоянным избыточным увлажнением (более 30 суток).

Руководящая отметка для I типа местности по увлажнению определяется из условия снегонезаносимости дороги. Условие снегонезаносимости заключается в том, чтобы отметка бровки насыпи должна быть не менее величины определяемой по формуле:

$$h_p = h_{\text{сн.}} + \Delta h, \quad (13)$$

где $h_{\text{сн.}}$ - расчетная толщина снежного покрова с обеспеченностью 5%;

Δh - возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова для III категории дороги = 0,6 метра.

$$h_p = 0,4 + 0,6 = 1,0 \text{ м.}$$

Руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению определяется по формуле:

$$h_1 = h_p + i_{\text{об.}} \cdot b_2 + i_{\text{поп.}} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (14)$$

где b_1 - ширина покрытия;

b_2 – ширина обочины за вычетом краевой полосы;
 $i_{об.}$ – поперечный уклон неукрепленной части обочины, 40‰;
 $i_{поп.}$ – поперечный уклон проезжей части и краевой полосы, 15‰.

$$h_1 = 1,0 + 0,04 \cdot 2,5 + 0,015 \cdot \frac{7}{2} = 1,15 \text{ м.}$$

Руководящую отметку для II типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до поверхности земли или до уровня поверхностных вод по формуле:

$$h_{II} = h_{1н} + h_{пв} + i_{поп.} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (15)$$

где $h_{1н}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над поверхностью земли;

$h_{пв}$ – толщина слоя воды над поверхностью земли;

b_1 – ширина покрытия;

$i_{поп.}$ – поперечный уклон проезжей части.

Значение $h_{1н}$ принимается в зависимости от дорожно-климатической зоны и грунта рабочего слоя в соответствии с СП 34.13330.2012 [1, табл. 7.2].

$$h_{II} = 0,9 + 0 + 0,015 \cdot \frac{7}{2} = 0,95 \text{ м.}$$

Руководящую отметку для III типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до уровня грунтовых или поверхностных вод, стоящих более 30 суток, по формуле:

$$h_{III} = h_{2н} + h_{гв} + i_{поп.} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (16)$$

где $h_{2н}$ – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем грунтовых вод;

$h_{гв}$ – расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод;

Значение $h_{2н}$ принимается в зависимости от дорожно-климатической зоны и грунта рабочего слоя в соответствии с СП 34.13330.2012 [1, табл. 7.2].

$$h_{III} = 1,1 + 1,5 + 0,015 \cdot \frac{7}{2} = 2,65 \text{ м.}$$

К контрольным точкам относят начало и конец трассы, отметки проезжих частей мостов и путепроводов. Минимальные отметки насыпи над труба-

ми, отметки головки рельса железных дорог и отметки проезжих частей, существующих дорог на пересечениях в одном уровне. Ведомость контрольных точек представлена в табл. 9.

Руководящая отметка для труб определяется по формуле:

$$H = d + \Delta + \delta + h_{\text{до}}, \quad (17)$$

где d – диаметр трубы;

Δ – толщина засыпки над трубой;

δ – толщина стенки трубы;

$h_{\text{до}}$ – толщина дорожной одежды.

Руководящая отметка для трубы $d = 1,0$ метр:

$$H = 1,0 + 0,5 + 0,1 + 0,62 = 2,22 \text{ м};$$

Руководящая отметка для трубы $d = 1,5$ метра:

$$H = 1,5 + 0,5 + 0,14 + 0,62 = 2,76 \text{ м}.$$

Таблица 10 – Ведомость контрольных точек

Местоположение		Отметка, м	Вид контрольной точки
ПК	+		
0	00	336,46	НТ
11	56	352,19	Труба
20	70	339,14	Труба
31	85	312,56	Труба
38	86	322,75	А/д
41	02	321,03	Труба
47	88	330,87	А/д
50	50	327,81	КТ

3.3.2 Описание проектной линии

Проектная линия проложена по методу тангенсов. После построения ломаного хода в образовавшиеся переломы были вписаны 12 вертикальных кривых – 6 выпуклых и 6 вогнутых. Максимальный продольный уклон по трассе составляет 50 ‰, минимальный 5 ‰. Имеют место насыпи высотой от 0 до 6 метров. Выемки отсутствуют. Дорога пересекает овраг с ПК 31+80 по ПК 31+89.

Полный продольный профиль представлен на листе № 3 графической части.

3.4 Поперечный профиль

Конструкции поперечных профилей земляного полотна назначены для III категории дороги с учетом дорожно-климатической зоны, плана трассы, продольного профиля.

Поперечные профили запроектированы в соответствии с требованием СП 34.13330.2012 [1] и ГОСТ Р 52399-2005 [3].

Типы поперечных профилей:

Тип 1 — высота насыпи от 0 до 3 метров на косогоре, с левым кюветом, с заложением откосов насыпи слева — 1:4, справа — 1:1,5;

Тип 2 — высота насыпи от 3 до 6 метров на косогоре, без кюветов, с заложением откосов — 1:1,5;

Конструкции поперечных профилей земляного полотна, а также их привязка к трассе приведены на листе № 4 графической части.

3.5 Дорожный водоотвод

Участок реконструируемой дороги запроектирован на косогоре, что необходимо учесть при принятии решений, касающихся водоотвода, с целью предохранения земляного полотна от размывов.

Для защиты земляного полотна от переувлажнения предусматривают устройство кюветов с продольным уклоном по дну не менее 5 ‰. Наименьший уклон по дну кювета 5 ‰, наибольший — 56 ‰. При уклоне до 10 ‰ укрепление не производится, при уклоне от 10 ‰ до 30 ‰ предусматривается укрепление канав засевом трав, при уклоне от 30 ‰ до 50 ‰ — предусмотрено мощение, при уклоне более 50 ‰ — устраивают бетонные лотки.

Кюветы имеют трапецеидальное сечение с шириной по дну 0,5 метра.

На левой стороне земляного полотна кюветы запроектированы на участках: с ПК 0+00 по ПК 16+15; с ПК 17+62 по ПК 18+89; с ПК 21+65,5 по ПК 27+11; с ПК 28+21 по ПК 31+87,5; с ПК 32+18,5 по ПК 40+94; с ПК 41+07,25 по ПК 50+50. На правой стороне кюветы отсутствуют.

Поперечный водоотвод обеспечивается уклоном проезжей части — 15 ‰ и обочины — 40 ‰, а также искусственными сооружениями.

Гидравлический расчет для малых искусственных сооружений проводим по пособию «Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера — дорожника» [5].

Расчетный максимальный расход воды определяется по формуле:

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \cdot a_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}} \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot F, \quad (18)$$

где $a_{\text{ч}}$ — интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин;

$K_{\text{т}}$ — коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности;

α – коэффициент потерь стока;
 φ – коэффициент редукции;
 F – площадь бассейна, км².

Расход воды на ПК 11+56:

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \cdot 0,82 \cdot 2,34 \cdot 0,2 \cdot 0,608 \cdot 0,73 = 2,84 \text{ м}^3/\text{сек};$$

Расход воды на ПК 20+70:

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \cdot 0,82 \cdot 2,89 \cdot 0,2 \cdot 0,726 \cdot 0,36 = 2,06 \text{ м}^3/\text{сек};$$

Расход воды на ПК 31+85:

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \cdot 0,82 \cdot 5,24 \cdot 0,2 \cdot 0,497 \cdot 1,63 = 11,63 \text{ м}^3/\text{сек};$$

Расход воды на ПК 41+02:

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \cdot 0,82 \cdot 3,34 \cdot 0,2 \cdot 0,647 \cdot 0,57 = 3,37 \text{ м}^3/\text{сек};$$

По графику для определения пропускной способности типовых труб и таблице с гидравлическими характеристиками типовых круглых труб (используется «Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера – дорожника» [5, табл. 15.10, рис. 15.14]) видно, что существующие водопропускные трубы диаметром 1 метр и 1,5 метра справляются с расчетным расходом воды и не требуют замены. В пониженных местах на ПК 42+75; ПК 46+53 демонтируем малые искусственные сооружения. Для осуществления стока воды к близлежащим трубам производим углубление боковых канав с ПК 11+75 по ПК 13+50; с ПК 17+24 по ПК 19+25; с ПК 28+50 по ПК 29+50; с ПК 34+50 по ПК 36+76; с ПК 41+00 по ПК 46+50.

3.6 Расчет дорожной одежды

Дорожная одежда, как и любой технический объект, должна быть надежной и долговечной, поэтому при их расчете предусматривается вариантное проектирование для того, чтобы подобрать прочную и в то же время недорогую конструкцию, которая смогла бы выдерживать определенные нагрузки.

При расчете дорожных одежд основным документом является ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [6].

Расчет дорожной одежды производится по четырём критериям:

- по допускаемому упругому прогибу;
- на растяжение при изгибе монолитных слоёв;
- на активное сопротивление сдвигу в несвязных слоях дорожной одежды или грунте;

- на морозостойкость.

Исходные данные:

- 1) район проектирования – Ангарский район, Иркутская область;
- 2) грунт земляного полотна – песок крупный;
- 3) местность по условиям увлажнения – 1;
- 4) III категория дороги.

Для дорог III категории возможно проектирование, как облегченного типа дорожной одежды, так и капитального. Учитывая состав автомобильного потока, проектируем дорожную одежду капитального типа с нагрузкой на ось, равной 115 кН.

Приведенная интенсивность на последний год службы определяется по формуле:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^N N_m \cdot S_{m\cdot\text{сут}}, \quad (19)$$

где $f_{\text{пол}}$ - коэффициент, учитывающий число полос, равный 0,55;

$S_{m\text{сут}}$ - суммарный коэффициент приведения;

N_m - число автомобилей, проезжающих в обоих направлениях.

Результаты расчета сводим в табл. 11.

Таблица 11 – Определение величины приведенной интенсивности на последний год службы

Вид транспорта	%	N_m авт./сут.	$S_{m\text{сум}}$	$N_m \cdot S_{m\text{сум}}$, груз. ед./сут.
Легковые автомобили	70	1226	0	0
Грузовые до 2т	5	87	0,005	0,435
- от 2т до 6т	3	53	0,2	10,60
- от 6т до 8т	-	-	-	-
- от 8т до 14т	-	-	-	-
Автопоезда до 12т	-	-	-	-
- от 12т до 20т	-	-	-	-
- от 20т до 30т	3	53	1,5	79,50
- св. 30т	11	192	1,5	288,00
Автобусы	8	140	0,7	98,00

$\Sigma = 476,54$

$$N_p = 0,55 \cdot 476,54 = 262,1 \text{ груз. ед./сут.}$$

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы определяется по формуле:

$$\Sigma N_p = 0,7 \cdot N_p \cdot \frac{K_c}{q^{(T_{cl}-1)}} T_{pдг} \cdot k_n, \quad (20)$$

где K_c – коэффициент суммирования, определяется по формуле (21);

$T_{\text{рдг}}$ – расчетное число, расчетных дней в году соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции, для Омской области $T_{\text{рдг}} = 130$ дней (ОДН 218.046-01 [6, табл. П.6.1]);

k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого (ОДН 218.046-01 [6, табл. 3.3]).

q – показатель изменения интенсивности движения данного автомобиля по годам, определяется по формуле (22)

$T_{\text{сл}}$ – срок службы дорожной одежды капитального типа в I дорожно-климатической зоне, 11 лет;

N_p – суточная интенсивность движения автомобилей, авт./сут.

$$K_c = \frac{q^{T_{\text{сл}}-1}}{q-1}, \quad (21)$$

где q – то же, что и в формуле (3.6.2).

$$K_c = \frac{1,055^{11} - 1}{1,055 - 1} = 14,58.$$

$$q = 1 + \frac{p}{100}, \quad (22)$$

где p – коэффициент ежегодного прироста, %.

$$q = 1 + \frac{5,5}{100} = 1,055.$$

$$\sum N_p = 0,7 \cdot 262,1 \cdot \frac{14,58}{1,055^{(11-1)}} \cdot 130 \cdot 1,38 = 280951,7 \text{ шт.}$$

Конструкция дорожной одежды удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба, если выполняется следующее условие:

$$\frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{тр}}} \geq K_{\text{пр}}^{\text{тр}}, \quad (23)$$

где $E_{\text{общ}}$ – общий модули упругости на поверхности слоев, МПа;

$E_{\text{тр}}$ – требуемый модуль упругости, МПа, определяется по формуле (24);

$K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности, $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,29$.

$$E_{\text{min тр.}} = 98,65 \cdot [\log(\sum N_p) - c], \quad (24)$$

где $\sum N_p$ – суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы;

c – эмпирический параметр, применяемый для расчетной нагрузки на ось, равный 3,25.

$$E_{\min \text{ тр.}} = 98,65 \cdot [\log(280951,7 \cdot 2119935) - 3,25] = 216,89 \text{ МПа.}$$

$E_{\text{тр}} = 200 \text{ МПа}$ по ОДН 218.046-01 [6]. За расчетное значение принимаем $E_{\min \text{ тр.}}$, так как $E_{\text{тр}} < E_{\min \text{ тр.}}$.

При проектировании вариантов конструкций дорожной одежды используем следующие документы: ГОСТ 23558-94 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства» [7]; ГОСТ 25607-2009 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов» [8]; ГОСТ 30491-2012 «Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства» [9]; ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов» [10].

3.6.1 Расчет первого варианта дорожной одежды

Расчет дорожной одежды по основным критериям произведен в системе IndorPavement, предназначенной для автоматизированного расчета дорожных одежд автомобильных дорог и сведен в отчет, представленный ниже.

Исходные данные:

- Район проектирования: Ангарский район, Иркутская область;
- Выполняемые расчёты: на упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозоустойчивость;
- Дорожно-климатическая зона: I - подзона 3;
- Схема увлажнения: схема 1;
- Расчётная влажность грунта W_p : 0,60;
- Коэффициент уплотнения грунта: 1,00;
- Глубина промерзания грунтов, м: 2,0.

Проектные данные:

- Техническая категория дороги: III категория
- Тип дорожной одежды: капитальный
- Заданная надёжность K_n : 0,98
- Расчётный срок службы $T_{\text{сл}}$, лет: 11
- Ширина проезжей части, м: 7,0.

Расчётная нагрузка:

- Давление в шине p , МПа: 0,60;
- Диаметр отпечатка шины D (дин.), см: 39,00;
- Статическая нагрузка на ось Q , кН: 115,00;
- Суммарное число приложений нагрузки: 280952.

Конструкция дорожной одежды:

- слой № 1: асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-90/130 толщиной 5 см;
- слой № 2: асфальтобетон горячей укладки пористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130 толщиной 7 см;
- слой № 3: щебень чёрный для оснований уложенный по способу заклинки толщиной 10 см;
- слой № 4: щебень фракционированный 40..80 (80..120) мм легкоуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем толщиной 19 см;
- слой № 5: смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С5 - 40 мм (для оснований) толщиной 21 см;
- грунт: песок средней крупности: песок средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%.

Результаты расчёта на упругий прогиб:

- Поверхностный модуль упругости $E_{\text{пов}} = 384,0$ МПа;
- Требуемый модуль упругости $E_{\text{тр}} = 200$ МПа;
- Расчётный коэффициент прочности $K_{\text{расч}} = 1,730$;
- Требуемый коэффициент прочности $K_{\text{тр}} = 1,290$;
- Запас прочности $(K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}) / K_{\text{тр}} * 100\% = 34\%$.

Результаты расчёта на сдвигоустойчивость.

Материал – песок средней крупности;

Параметры материала:

- Песок средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%;
- Угол внутреннего трения $\varphi = 27,6^\circ$;
- Сцепление $c_n = 0,003$ МПа;
- Стат. угол внутреннего трения $\varphi_{\text{ст}} = 32,0^\circ$;
- Коэффициент $K_d = 2,0$.

Параметры двухслойной модели:

- Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв $E_b = 496,29$ МПа;
- Модуль упругости на поверхности расчётного слоя $E_n = 120,00$ МПа;
- Средневзвешенный удельный вес верхних слоёв $\gamma = 0,0019$ МПа;
- Глубина расположения расчётного слоя $Z_{\text{оп}} = 62,0$ см;
- Удельное активное напряжение сдвига $\tau = 0,02613$ МПа;
- Расчётное активное напряжение сдвига $T = 0,016$ МПа;

- Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр} = 0,019$ МПа;
- Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 1,230$;
- Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 1,100$;
- Запас прочности $(K_{расч}-K_{тр})/K_{тр} * 100\% = 12\%$.

Результаты расчёта на сопротивление при изгибе.

Параметры материала:

- Асфальтобетон горячей укладки пористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130;
- Коэффициент снижения прочности $k_2 = 0,8$;

Параметры двухслойной модели:

- Средневзвешенный модуль упругости монолитных слоёв $E_b = 2783,33$ МПа
- Поверхностный модуль упругости нижнего слоя в пакете монолитных слоёв $E_{общ} = 277,08$ МПа
- Глубина расположения расчётного слоя $Z_{оп} = 12,0$ см
- Наибольшее растягивающее напряжение $\sigma_r = 1,002$ МПа
- Прочность материала при изгибе $R_n = 1,334$ МПа
- Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 1,331$
- Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 1,100$
- Запас прочности $(K_{расч}-K_{тр})/K_{тр} * 100\% = 21\%$

Результаты расчёта на морозоустойчивость:

- Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) $H_y \approx 4,88$ м;
 - Коэффициент учёта уровня грунтовых вод $K_{угв} = -1,00$;
 - Пучинистость грунта - группа 2 (слабопучинистый);
 - Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта $K_{вл} = 1,00$;
 - Коэффициент, зависящий от уплотнения слоя $K_{пл} = 1,00$;
 - Коэффициент учёта гранулометрии основания $K_{гр} = 1,00$;
 - Величина морозного пучения при усреднённых условиях $L_{пуч.ср.} = 3,94$ см;
 - Ожидаемая пучинистость грунта $-2,96$ см $< 80\%$ от допустимой $4,00$ см
- Морозозащитный или теплоизолирующий слой не задан: конструкция является морозоустойчивой.

3.6.2 Расчет второго варианта дорожной одежды

Расчет второго варианта конструкции проводится аналогично расчету первого.

Конструкция дорожной одежды:

- слой № 1: асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-90/130 толщиной 5 см;
- слой № 2: асфальтобетон горячей укладки пористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130 толщиной 7 см;
- слой № 3: смеси щебёночно-гравийно-песчаные и крупнообломочные грунты (оптимальные) обработанные жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными или эмульгированными совместно с минеральными толщиной 22 см;
- слой № 4: готовые песчано-щебёночные смеси II класса прочности, укрепленные в верхней части слоя пескоцементной смесью (с 12-22% портландцемента М-40) на глубине от 0,25h До 0,75h слоя толщиной 29 см;
- грунт: песок средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%

Результаты расчёта на упругий прогиб:

- Поверхностный модуль упругости $E_{\text{пов}} = 534,0$ МПа;
- Требуемый модуль упругости $E_{\text{тр}} = 200$ МПа;
- Расчётный коэффициент прочности $K_{\text{расч}} = 2,410$;
- Требуемый коэффициент прочности $K_{\text{тр}} = 1,290$;
- Запас прочности $(K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}) / K_{\text{тр}} * 100\% = 87\%$.

Результаты расчёта на сдвигоустойчивость.

Материал – песок средней крупности;

Параметры материала:

- Песок средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%;
- Угол внутреннего трения $\varphi = 27,6^\circ$;
- Сцепление $c_n = 0,003$ МПа;
- Стат. угол внутреннего трения $\varphi_{\text{ст}} = 32,0^\circ$;
- Коэффициент $K_d = 2,0$.

Параметры двухслойной модели:

- Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв $E_v = 723,02$ МПа;
- Модуль упругости на поверхности расчётного слоя $E_n = 120,00$ МПа;
- Средневзвешенный удельный вес верхних слоёв $\gamma = 0,0017$ МПа;
- Глубина расположения расчётного слоя $Z_{\text{оп}} = 63,0$ см;
- Удельное активное напряжение сдвига $\tau = 0,01725$ МПа;

- Расчётное активное напряжение сдвига $T = 0,010$ МПа;
- Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр} = 0,013$ МПа;
- Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 1,210$;
- Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 1,100$;
- Запас прочности $(K_{расч}-K_{тр})/K_{тр} \cdot 100\% = 10\%$.

Результаты расчёта на сопротивление при изгибе.

Параметры материала:

- Асфальтобетон горячей укладки пористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130;
- Коэффициент снижения прочности $k_2 = 0,8$;

Параметры двухслойной модели:

- Средневзвешенный модуль упругости монолитных слоёв $E_v = 2783,33$ МПа

- Поверхностный модуль упругости нижнего слоя в пакете монолитных слоёв $E_{общ} = 407,17$ МПа

- Глубина расположения расчётного слоя $Z_{оп} = 12,0$ см
- Наибольшее растягивающее напряжение $\sigma_r = 0,713$ МПа
- Прочность материала при изгибе $R_n = 1,334$ МПа
- Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 1,871$
- Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 1,100$
- Запас прочности $(K_{расч}-K_{тр})/K_{тр} \cdot 100\% = 70\%$

Результаты расчёта на морозоустойчивость:

- Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) $H_y \approx 4,88$ м;
- Коэффициент учёта уровня грунтовых вод $K_{угв} = -1,00$;
- Пучинистость грунта - группа 2 (слабопучинистый);
- Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта $K_{вл} = 1,00$;
- Коэффициент, зависящий от уплотнения слоя $K_{пл} = 1,00$;
- Коэффициент учёта гранулометрии основания $K_{гр} = 1,00$;
- Величина морозного пучения при усреднённых условиях $L_{пуч.ср.} = 3,89$ см;

- Ожидаемая пучинистость грунта $-2,92$ см $< 80\%$ от допустимой $4,00$ см.

Морозозащитный или теплоизолирующий слой не задан: конструкция является морозоустойчивой.

3.7 Искусственные сооружения

Существующие искусственные сооружения находятся в хорошем состоянии, а также удовлетворяют гидравлическим показателям.

После корректировок, внесенных в продольный и поперечный профили, отсутствует необходимость в трубах ПК 42+75, ПК 47+88, поэтому производим их демонтаж. Оставшиеся трубы необходимо удлинить: на ПК 11+56 – на 2 звена по 1 метру и на одно звено по 0,5 метра с каждой стороны; на ПК 20+70 – на 5 звеньев по 1 метру с каждой стороны; на ПК 31+85, ПК 41+02 –

на 2 звена по 1 метру с каждой стороны. Ведомость искусственных сооружений представлена в табл. 12.

Таблица 12 – Ведомость искусственных сооружений

№	ПК +	Наименование водотока	Тип и отверстие сооружения	Угол поворота к оси дороги, град.	Полная длина, м
1	11+56	пониженное место	Круглая сборная ж/б труба d = 1,0 м	85	16,67
2	20+70	пониженное место	Круглая сборная ж/б труба d = 1,0 м	58	21,95
3	31+85	лог	Круглая сборная ж/б труба d = 1,5 м	90	19,65
4	41+02	лог	Круглая сборная ж/б труба d = 1,5 м	90	17,74

3.8 Комплексная оценка безопасности движения на реконструируемой дороге

Комплексная оценка безопасности движения производится аналогично описанию в гл. 2 п. 2.6.

Результаты комплексной оценки участка автомобильной дороги после реконструкции:

- Скорость движения на протяжении всего участка дороги в прямом и обратном направлениях для автомобиля ГАЗ – 24 «Волга» составляет 100 км/ч;

- Значение коэффициента безопасности движения на протяжении всего участка дороги равно 1,0;

- Значение пропускной способности с ПК 0+00 по ПК 2+25; с ПК 9+00 по ПК 11+06; с ПК 15+00 по ПК 20+20 равно 478; с ПК 2+25 по ПК 5+00 равно 530; с ПК 5+00 по ПК 7+00 равно 520; с ПК 7+00 по ПК 9+00 равно 468; с ПК 11+06 по ПК 12+06, с ПК 20+20 по ПК 21+20 равно 416; с ПК 12+06 по ПК 15+00 равно 385; с ПК 21+20 по ПК 23+60,5, с ПК 31+35 по ПК 32+35, с ПК 38+11 по ПК 39+61, с ПК 40+44,4 по ПК 41+51,9 равно 395; с ПК 23+60,5 по ПК 29+00 равно 489; с ПК 29+00 по ПК 31+35, с ПК 32+35 по ПК 38+11, с ПК 39+61 по ПК 40+40,4, с ПК 41+51,9 по ПК 42+12,7, с ПК 44+91,8 по ПК 47+03, с ПК 48+54,6 по ПК 50+50 равно 458; с ПК 42+12,7 по ПК 44+98,1 равно 437; с ПК 47+03 по ПК 48+54,6 равно 375.

- Значение уровня загрузки с ПК 0+00 по ПК 2+25; с ПК 9+00 по ПК 11+06; с ПК 15+00 по ПК 20+20 равно 0,54; с ПК 2+25 по ПК 5+00 равно 0,48; с ПК 5+00 по ПК 7+00 равно 0,49; с ПК 7+00 по ПК 9+00 равно 0,55; с ПК 11+06 по ПК 12+06, с ПК 20+20 по ПК 21+20 равно 0,62; с ПК 12+06 по ПК 15+00 равно 0,67; с ПК 21+20 по ПК 23+60,5, с ПК 31+35 по ПК 32+35, с ПК 38+11 по ПК 39+61, с ПК 40+44,4 по ПК 41+51,9 равно 0,65; с ПК 23+60,5 по ПК 29+00 равно 0,53; с ПК 29+00 по ПК 31+35, с ПК 32+35 по ПК 38+11, с ПК 39+61 по ПК 40+40,4, с ПК 41+51,9 по ПК 42+12,7, с ПК 44+91,8 по ПК 47+03,

с ПК 48+54,6 по ПК 50+50 равно 0,56; с ПК 42+12,7 по ПК 44+98,1 равно 0,59; с ПК 47+03 по ПК 48+54,6 равно 0,69.

- Значение итогового коэффициента аварийности с ПК 0+00 по ПК 2+25 равно 12,29; с ПК 2+25 по ПК 7+00 равно 6,15; с ПК 7+00 по ПК 21+48,8, с ПК 29+00 по ПК 1+54,5, с ПК 35+16,3 по ПК 37+40, с ПК 40+99 по ПК 42+13 равно 2,46; с ПК 21+48,8 по ПК 23+25, с ПК 31+54,5 по ПК 35+16,3, с ПК 42+12,7 по ПК 44+98,1 равно 3,93; с ПК 23+25 по ПК 24+04 равно 7,36; с ПК 24+04 по ПК 29+00 равно 5,75; с ПК 37+40,2 по ПК 38+11, с ПК 39+61 по ПК 40+99,8 равно 4,03; с ПК 38+11 по ПК 39+61 равно 6,05; с ПК 44+98,1 по ПК 47+10,5, с ПК 48+44,6 по ПК 50+50 равно 4,09; с ПК 47+10,5 по ПК 48+44,6 равно 13,82.

Вывод: после реконструкции участка автомобильной дороги результаты комплексной оценки безопасности движения находятся в допустимых пределах. Это говорит о том, что дорога обеспечивает безопасное движение подвижного состава, а также справляется с расчетной интенсивностью движения.

Результаты оценки приведены на листе № 2 графической части.

3.9 Подсчет объема земляных работ

Подсчет объемов земляных работ, к которым относятся: устройство боковых канав, насыпей, выемок, разборка старой дорожной одежды, необходим для сравнения проектируемых вариантов трассы и выбора наиболее подходящего из них.

При определении объема земляных работ используют формулу Винклера. По этой формуле объем призматоида определяется через среднеарифметическое площадей сечений в начале и в конце участка по формуле:

$$V = \left(\frac{F_i + F_{i-1}}{2} - \frac{m_i \cdot (h_i - h_{i-1})^2}{16} \right) \cdot L_i, \quad (25)$$

где F_{i-1} , F_i , F_{cp} – площади поперечных сечений в начале, конце и середине участка;

L_i – расстояние между сечениями земляного полотна i и $i-1$;

h_i , h_{i-1} – рабочие отметки в i и $i-1$ сечениях, соответственно;

m_i – заложение откоса.

При подсчете объемов земляных работ учитываются следующие поправки:

- 1) поправка на косогорность, при поперечном уклоне более 100‰;
- 2) поправка на разность рабочих отметок;
- 3) поправка на устройство дорожной одежды;
- 4) поправка на разность ширины земляного полотна;
- 5) поправка на снятие растительного слоя грунта;
- 6) поправка на искусственное уплотнение грунта в насыпях.

Объем земляных работ составил 53596 м³; по снятию почвенно-растительного слоя грунта – 11719 м².

Объемы земляных работ подсчитываются с помощью программы Excel, расчет которых представлен в приложении В.

График распределения земляных масс представлен на листе № 5 графической части.

3.10 Полоса отвода автомобильной дороги

Полоса отвода автомобильной дороги – земельные участки (независимо от категории земель), которые предназначены для размещения конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений и на которых располагаются или могут располагаться объекты дорожного сервиса.

Положение границ полосы отвода автомобильной дороги в нормах отвода установлено в зависимости от:

- категории автомобильной дороги;
- количества полос движения;
- высоты насыпей или глубины выемок;
- наличия боковых резервов;
- крутизны откосов земляного полотна;
- требований обеспечения безопасности движения.

Ширину земельных участков, предназначенных для обеспечения необходимых условий производства работ по содержанию автомобильных дорог в пределах полосы отвода, принимаем равной 5 м с каждой стороны дороги.

В соответствии с постановлением правительства от 2.09.2009 №717 «О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объектов дорожного сервиса» [11], определяем ширину полосы отвода для каждого участка автомобильной дороги.

Схема полосы отвода приведена на листе № 5 графической части.

4 Обустройство дороги

Обустройство дорог представляет собой совокупность технических средств и устройств, обеспечивающих организацию и безопасность дорожного движения. В состав комплекса входят дорожные знаки, разметка, ограждения, направляющие столбики.

Работы по устройству данных элементов производятся специализированными дорожными отрядами, имеющими соответствующее оборудование.

Дорожный знак – устройство в виде панели определенной формы, информирующее водителя о расположении различных объектов, режимах движения. Дорожные знаки устанавливают так, чтобы была обеспечена видимость на расстоянии не менее 100 метров вне населенных пунктов и 50 метров – в населенных пунктах. Знаки устанавливают непосредственно перед перекрестком, местом разворота, объектом сервиса и т.д., при необходимости - на

расстоянии не более 25 м в населенных пунктах и 50 м - вне населенных пунктов перед ними.

Знак 6.13 "Километровый знак" по ГОСТ Р 52289-2004 «Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств» [12, п. 5.7.15] для указания расстояния от места его установки до конечного пункта устанавливаются через 1 километр. Знак на дорогах без разделительной полосы с четырьмя и менее полосами движения в обоих направлениях устанавливаются только с одной стороны дороги.

Сигнальные столбики расставляют с обеих сторон трассы через каждые 50 м. Барьерные ограждения устанавливают при заложении откосов насыпи от 1:1,5 и более и на трубах.

Технические параметры и способ размещения сигнальных столбиков на автомобильной дороге должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 50970-2011 «Технические средства организации дорожного движения» [13] и ГОСТ Р 52289-2004 [12].

Конструкции дорожных ограждений должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 52607-2006 «Технические средства организации дорожного движения» [14]. Установка ограждений на автомобильных дорогах выполняется в соответствии с ГОСТ Р 52289-2004 [12].

Разметку наносят в крупных масштабах с помощью маркировочной машины либо вручную с помощью кисти, валика или распылителя по оси проезжей части, для разделения полос движения, а также по кромке проезжей части, для обозначения обочин. Дорожная разметка наносится в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51256-2011 «Технические средства организации дорожного движения, разметка дорожная» [15] и ГОСТ Р 52289-2004 [12]. Ведомость дорожных знаков и разметки приведена в табл. 13.

Таблица 13 – Ведомость дорожных знаков и разметки

Привязка	Номер и название
Дорожные знаки	
ПК 38+36; ПК 47+88	2.1 – «Главная дорога»
ПК 38+36; ПК 47+88	2.4 – «Уступи дорогу»
ПК 0+00; ПК10+00; ПК20+00; ПК30+00; ПК40+00; ПК50+00	6.3 – «Километровый знак»
Дорожная разметка	
с ПК 0+00 по ПК 38+66; с ПК 39+06 по ПК 47+68 с ПК 48+08 по ПК 50+50	1.5 – разделение транспортных потоков
с ПК 38+66 по ПК 39+06; с ПК 47+68 по ПК 48+08	1.6 – переход в сплошную линию
с ПК 38+76 по ПК 38+86 с ПК 47+78 по ПК 47+98	1.1 – сплошная линия

5 Деталь. Укрепление дна оврага

Реконструируемая дорога пересекает овраг с ПК 31+80 по ПК 31+89. Это означает, что во время ливней овражные выносы будут попадать на дорогу и, тем самым, затруднять движение транспорта. Во избежание неустойчивости эксплуатации участка дороги необходимо предусмотреть мероприятия по устройству специальных сооружений, задерживающих селевые потоки. К таким мероприятиям относятся укрепление вершин и дна оврагов.

Для выбора защитной конструкции необходимо рассчитать продольный уклон оврага, так как при уклоне $i \gg 50 \text{ ‰}$ устраиваются барражи, а при уклоне $i < 50 \text{ ‰}$ – плетневые запруды.

Барражи – конструкции из каменной кладки либо железобетона, устраиваемые на водотоках или логах, характеризующихся селевыми потоками или паводками, а также в действующих оврагах для предотвращения их от размыва. Барражи устраиваются с минимальной шириной – 1 метр и глубиной заложения не менее 2 метров. На высоте 0,4 – 0,8 метра устраиваются сточные отверстия размером 0,3·0,3 метра, с расстоянием между ними 1 – 5 метров.

Перед барражем, на высоту 1 метр от поверхности земли, устраивается дренирующая отсыпка из крупного камня для защиты сточных отверстий от засорения. В нижней части барража устраивается рисберма из бетонных плит, крупного камня или железобетона, длина которой зависит от длины падения селевых стоков и должна быть не менее двух высот барража.

Плетневые запруды устраиваются высотой 0,5 – 1 метр с прогибом навстречу потоку. Стрела прогиба должна быть не менее $1/20$ длины запруды. В зависимости от грунта устраивает котлован глубиной 0,25 – 0,5 метра и шириной 0,5 метра. Далее, по дну котлована через каждые 0,25 метра забивают ивовые колья диаметром 8 – 10 сантиметров на глубину не менее высоты запруды. После забивки колья переплетают лозой диаметром 1,5 – 2 сантиметра. Стенки запруды заделывают в овраг на 0,5 – 0,75 метра. С верховой стороны запруды устраивается засыпка с заложением откосом 1:1,5. Ширина засыпки должна быть не менее $2/3$ высоты запруды. С низовой стороны устраивается водобойная площадка из камня, хвороста, фашин, дерна.

Данные для расчета

$$Q_v = 16,7 \cdot a_{\text{час}} \cdot K_t \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot F - \text{расход селевого потока в начале оврага,} \quad (26)$$

где $a_{\text{час}}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин;

K_t – коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности;

α – коэффициент потерь стока;

φ – коэффициент редукции;

F – площадь бассейна, км².

$$i_0 = \frac{H_1 - H_2}{L} - \text{средний продольный уклон оврага,} \quad (27)$$

где H_1 – отметка начала участка;

H_2 – отметка конца участка;

L – длина участка.

b – ширина оврага по дну, м;

m – крутизна откосов оврага;

d – преобладающий диаметр камней, движущихся в направлении потока,

м.

$$Q_b = 16,7 \cdot 0,82 \cdot 5,24 \cdot 0,2 \cdot 0,497 \cdot 1,63 = 11,63 \text{ м}^3/\text{сек};$$

$$i_0 = \frac{329,75 - 312,81}{131} = 129 \text{ ‰};$$

$$b = 9 \text{ м};$$

$$m = 1,5 \text{ согласно [16, гл. 3, п. 1, фиг. 42];}$$

$$d = 0,16 \text{ м.}$$

При расчете продольный уклон оврага оказался равным 129 ‰. Исходя из условия, что при уклоне оврага $i \gg 50 \text{ ‰}$ устраиваются барражи, а при уклоне $i < 50 \text{ ‰}$ – плетневые запруды, назначаем мероприятия по устройству каскада барражей.

Для расчета каскада барражей используется пособие «Типовые проекты сооружений на автомобильных дорогах. Выпуск №17. Конструкции укрепления земляного полотна с примерами проектирования» [16, гл. 3, п. 1].

5.1 Определение расхода селевого потока

Коэффициент, учитывающий влияние среднего продольного уклона определяется по формуле:

$$m_i = 3 - \frac{0,3}{0,1 + 4,8 \cdot i_0^{1,4}}; \quad (28)$$

где i_0 – средний продольный уклон оврага.

$$m_i = 3 - \frac{0,3}{0,1 + 4,8 \cdot 0,129^{1,4}} = 1,266$$

Коэффициент μ определяется по формуле:

$$\mu = \frac{F_1}{F}, \quad (29)$$

где F_1 – площадь селеобразующих очагов;
 F – площадь водосбора.

$$\mu = \frac{0,33}{1,63} = 0,20.$$

Соответствующее коэффициенту μ значение m_μ определяется согласно [16, гл. 3, п. 1, фиг. 41, шкала № 2] либо по формуле:

$$m_\mu = 0,525 - \frac{0,05}{0,10 + 5,5 \cdot \mu^{1,4}};$$

Объёмная концентрация твёрдого стока селевых потоков определяется по формуле:

$$\beta_\mu = k_1 \cdot m_i \cdot m_\mu, \quad (30)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий увеличение коэффициента стока против его обычных значений (1,1 – поток, 1,0 – паводок);

m_i – коэффициент, учитывающий влияние среднего продольного уклона.

$$\beta_\mu = 1,1 \cdot 1,266 \cdot 0,441 = 0,614.$$

Коэффициент β_0 определяется по формуле:

$$\beta_0 = k_2 \cdot \beta_\mu, \quad (31)$$

где k_2 – коэффициент, учитывающий соотношение между объёмом выносов, остающихся на конусе выноса, и объёмом взвешенных наносов, увлечённых за пределы конуса выноса (1,0 – селевой поток, 1,5 – селевой паводок, 1,75 – водный паводок).

$$\beta_0 = 1 \cdot 0,614 = 0,614.$$

Максимальный расход селевого потока определяется по формуле:

$$Q_c = (\beta_0 + 1) \cdot Q_v. \quad (32)$$

$$Q_c = (0,614 + 1) \cdot 11,63 = 18,77 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

5.2 Вычисление глубины селевого потока

Назначив глубину селевого потока $h_0 = 0,51$ м, определяется площадь живого сечения селевого потока по формуле:

$$\omega = b \cdot h_0 + m h_0^2; \quad (33)$$

где b – ширина по дну оврага;

h_0 – глубина селевого потока;

m – заложение откосов оврага.

$$\omega = 9 \cdot 0,51 + 1,5 \cdot 0,51^2 = 4,98 \text{ м}^2.$$

Подводный периметр определяется по формуле:

$$p = b + 2h_0\sqrt{1 + m^2}; \quad (34)$$

где b – ширина по дну оврага;

h_0 – глубина селевого потока;

m – заложение откосов оврага.

$$p = 9 + 2 \cdot 0,51\sqrt{1 + 1,5^2} = 10,836 \text{ м.}$$

Гидравлический радиус определяется по формуле:

$$R = \frac{\omega}{p}; \quad (35)$$

где ω – площадь живого сечения селевого потока;

p – подводный периметр.

$$R = \frac{4,98}{10,836} = 0,459 \text{ м.}$$

В соответствии с [16, гл. 5, п. 4, табл. 51] назначают $n = 0,05$ и вычисляют скоростной множитель по формуле:

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (36)$$

$$\text{где } \begin{cases} y = 1,5\sqrt{n}, & \text{при } R \ll 1 \text{ м;} \\ y = 1,3\sqrt{n}, & \text{при } R \gg 1 \text{ м.} \end{cases}$$

$$C = \frac{1}{0,05} 0,459^{0,335} = 15,40.$$

Скорость движения селевого потока определяется по формуле:

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i_0}; \quad (37)$$

где R – гидравлический радиус;

i_0 – средний продольный уклон оврага;

C – скоростной множитель.

$$v = 15,4 \cdot \sqrt{0,459 \cdot 0,129} = 3,74 \text{ м/сек.}$$

Расход определяется по формуле:

$$Q = v \cdot \omega; \quad (38)$$

где v – скорость движения селевого потока;

ω – площадь живого сечения селевого потока.

$$Q = 4,98 \cdot 3,74 = 18,62 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

При расчете значение расхода получается незначительно меньше исходного, значит, глубина селевого потока $h_0 = 0,51$ м назначена верно.

5.3 Вычисление предельной скорости передвижения наносов и уравнительного уклона

Весовое содержание наносов в потоке определяется по формуле:

$$p_1 = \frac{\beta_\mu \cdot \gamma_n}{1 + \beta_\mu}, \quad (39)$$

где γ_n – объемный вес наносов, принимаемый равным от 2,4 до 2,8 т/м³; в среднем $\gamma_n = 2,6$ т/м³;

β_μ – объёмная концентрация твердого стока селевых потоков.

$$p_1 = \frac{0,614 \cdot 2,6}{1 + 0,614} = 0,98$$

Предельную скорость передвижения наносов определяется по формуле:

$$v_1 = 4,5 \sqrt{d \cdot (\gamma_n - 1) \cdot (1 - 0,01 \cdot p_1)}; \quad (40)$$

где d – преобладающий диаметр камней, движущихся в направлении потока, м;

p_1 – весовое содержание наносов в потоке.

$$v_1 = 4,5\sqrt{0,16 \cdot (2,6 - 1) \cdot (1 - 0,01 \cdot 0,98)} = 2,27 \text{ м/сек.}$$

Приравнивая скорость селевого потока $v = 3,74$ м/сек к скорости равномерного движения, определяем по формуле А. Брилинского уравнильный уклон:

$$i_y = 10 \cdot d(1 - 0,01 \cdot p_1) \cdot (\gamma_n - 1) \cdot \frac{1}{C^2 \cdot R}; \quad (41)$$

где d – преобладающий диаметр камней, движущихся в направлении потока, м;

p_1 – весовое содержание наносов в потоке;

C – скоростной множитель;

R – гидравлический радиус

$$i_y = 10 \cdot 0,16(1 - 0,01 \cdot 0,98) \cdot (2,6 - 1) \cdot \frac{1}{15,4^2 \cdot 0,459} = 0,02.$$

5.4 Расчёт каскада барражей

Назначив высоту барража $h = 4$ м, необходимо определить расстояние между барражами по формуле:

$$l = \frac{h}{i_0 - i_y}; \quad (42)$$

где h – высота барража;

i_0 – средний продольный уклон оврага;

i_y – уравнильный уклон.

$$l = \frac{4}{0,129 - 0,02} = 36,69 \text{ м.}$$

Разность высот между соседними барражами определяется по формуле:

$$h_1 = \frac{h \cdot i_0}{i_0 - i_y}; \quad (43)$$

где h – высота барража;

i_0 – средний продольный уклон оврага;

i_y – уравнильный уклон.

$$h_1 = \frac{4 \cdot 0,129}{0,129 - 0,02} = 4,73 \text{ м.}$$

Общее количество барражей определяется по формуле:

$$N = \frac{H}{h_1}; \quad (44)$$

где H – разность между отметками верха и низа оврага;

h_1 – разность высот между соседними барражами.

$$N = \frac{16,94}{4,73} = 3,58 \text{ шт.}, \text{ принимаем количество барражей, равное 3 шт.}$$

Толщина барража поверху определяется по формуле:

$$b_2 = 0,5 \cdot (h_2 - H_1 \cdot i_1), \quad (45)$$

где h_2 – высота барража с верховой стороны;

H_1 – высота барража с низовой стороны;

i_1 – уклон передней грани барража, равный 0,2.

Практически b_2 назначается не менее 1 метра, поэтому принимаю $b_2 = 1 \text{ м.}$

Ширину барража поверху определяется по формуле:

$$b_1 = b + 2 \cdot m \cdot h, \quad (46)$$

где b – ширина оврага по дну;

m – заложение откоса оврага, равное 1,5 м;

h – высота барража.

$$b_1 = 9 + 2 \cdot 1,5 \cdot 4 = 21 \text{ м.}$$

5.5 Гидравлические характеристики селя при уравнительном уклоне, не допускающем размыв и способствующем отложению наносов

При уравнительном уклоне, не допускающем размыв, определяют условия прохождения селя при подходе к барражу, для чего задают первоначальную глубину селевого потока $h_3 = 0,53 \text{ м}$ и производят расчет по формулам, аналогичным выражениям (33) – (38)

$$\omega = b_1 \cdot h_3 + m h_3^2; \quad (47)$$

$$\omega = 21 \cdot 0,53 + 1,5 \cdot 0,53^2 = 11,55 \text{ м}^2$$

$$p = b_1 + 2 h_3 \sqrt{1 + m^2}; \quad (48)$$

$$p = 21 + 2 \cdot 0,53 \sqrt{1 + 1,5^2} = 22,91 \text{ м.}$$

$$R = \frac{\omega}{p}; \quad (49)$$

$$R = \frac{11,55}{22,91} = 0,504 \text{ м.}$$

$$C = \frac{1}{n} R^y; \quad (50)$$

$$C = \frac{1}{0,05} 0,504^{0,335} = 15,89.$$

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i_y}; \quad (51)$$

$$v = 15,89 \cdot \sqrt{0,504 \cdot 0,02} = 1,595 \text{ м/сек.}$$

$$Q = v \cdot \omega, \quad (52)$$

$$Q = 1,595 \cdot 11,55 = 18,42 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Полученное значение $Q = 18,42 \text{ м}^3/\text{сек.}$, приблизительно соответствует максимальному селевому расходу $Q_c = 18,77 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Это означает, что высота $h_3 = 0,55 \text{ м}$ назначена верно.

5.6 Расчёт длины падения струи с барража

Длину падения струи с барража определяем из условия водослива при достаточно широком гребне.

Гидравлический параметр определяется по формуле:

$$\varepsilon = m_1 \cdot \sqrt{2g}, \quad (53)$$

где $m_1 = 0,42$ – коэффициент водослива;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

$$\varepsilon = 0,42 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} = 1,86.$$

Ширина потока над барражем поверху определяется по формуле:

$$b'_2 = b_1 + m \cdot h_3; \quad (54)$$

где b_1 – ширина оврага поверху;

h_3 – глубина селевого потока;

m – заложение откосов оврага.

$$b'_2 = 21 + 1,5 \cdot 0,53 = 21,795 \text{ м.}$$

Напор на гребне барража определяется по формуле:

$$H_0 = \sqrt[3]{\frac{Q_c^2}{\varepsilon^2 \cdot b_2'^2}}; \quad (55)$$

где Q_c – максимальный селевый расход;
 ε – гидравлический параметр;
 b_2' – ширина потока над барражем поверху.

$$H_0 = \sqrt[3]{\frac{18,77^2}{1,86^2 \cdot 21,795^2}} = 0,598 \text{ м.}$$

Глубина потока на сливной грани барража определяется по формуле:

$$h_p = 1,5 \cdot m_1 \cdot H_0; \quad (56)$$

где $m_1 = 0,42$ – коэффициент водослива;
 H_0 – напор на гребне барража.

$$h_p = 1,5 \cdot 0,42 \cdot 0,598 = 0,376 \text{ м.}$$

Площадь живого сечения определяется по формуле:

$$\omega_p = b_1 \cdot h_p + m \cdot h_p^2; \quad (57)$$

где b_1 – ширина оврага поверху;
 h_p – глубина потока на сливной грани барража;
 m – заложение откосов оврага.

$$\omega_p = 21 \cdot 0,376 + 1,5 \cdot 0,376^2 = 8,1 \text{ м}^2.$$

Скорость потока на сливной грани барража определяется по формуле:

$$v_p = \frac{Q_c}{\omega_p}. \quad (58)$$

где Q_c – максимальный селевый расход;
 ω_p – площадь живого сечения.

$$v_p = \frac{18,77}{8,1} = 2,31 \text{ м/сек.}$$

Высота перепада определяется по формуле:

$$H_1 = h + 0,5 \cdot b_2 \cdot i_1, \quad (59)$$

где h – высота барража;
 b_2 – толщина барража поверху;
 i_1 – уклон передней грани барража.

$$H_1 = 4 + 0,5 \cdot 1 \cdot 0,2 = 4,1 \text{ м.}$$

Длина падения потока определяется по формуле:

$$l_{\text{пад}} = 1,33 \sqrt{H_0(H_1 + 0,3H_0)}; \quad (60)$$

где H_0 – напор на гребне барража;
 H_1 – высота перепада.

$$l_{\text{пад}} = 1,33 \sqrt{0,598(4,1 + 0,3 \cdot 0,598)} = 2,12 \text{ м.}$$

Длина рисбермы определяется по формуле:

$$l_{\text{рисб}} = 2 \cdot H_1; \quad (61)$$

где H_1 – высота перепада.

В конце расчета должно выполняться следующее условие: длина рисбермы должна быть не менее двух высот перепада и больше длины падения струи.

$$l_{\text{пад}} \ll l_{\text{рисб}}. \quad (62)$$

$$l_{\text{рисб}} = 2 \cdot 4,1 = 8,2 \text{ м;}$$

$l_{\text{пад}} = 2,12 \text{ м} \ll l_{\text{рисб}} = 8,2 \text{ м}$ – условие выполняется, следовательно, расчет верный.

План оврага, продольный профиль по дну оврага, план барража, фасад барража, поперечный разрез барража представлены на листе 2 графической части.

6 Соображения по организации реконструкции

Основные показатели по организации реконструкции приняты в соответствии с типовыми технологическими картами на устройство земляного полотна и дорожной одежды [17]. Все виды работ выполняются механизированными дорожными отрядами. Для каждого вида работ принята соответствующая ведущая машина.

МДО № 1 – подготовительные работы. Ведущей машиной является каток ДУ-16В с производительностью 3960,4 м²/см. Принимаем 3 машины для увеличения производительности и сокращения продолжительности работ.

МДО № 2 – устройство искусственных сооружений. Ведущей машиной является автомобильный кран КС-3573.

МДО № 3 – земляные работы. Ведущей машиной является экскаватор ЭО-4225 с производительностью 780 м³/см. Принимаем 3 машины для увеличения производительности и сокращения продолжительности работ.

МДО № 4 – устройство слоя основания из гравийной смеси. Ведущей машиной является КамАЗ 6520 с производительностью 69 м³/см. Принимаем 9 машин для увеличения производительности и сокращения продолжительности работ.

МДО № 5 – устройство слоя основания из щебня. Ведущей машиной является каток ДУ-58А с производительностью 3300 м²/см. Принимаем 2 машины для увеличения производительности и сокращения продолжительности работ.

МДО № 6 – устройство слоя основания из чёрного щебня. Ведущей машиной является каток ДУ-98 с производительностью 4400 м²/см.

МДО № 7 – устройство двухслойного покрытия из асфальтобетонной смеси. Ведущей машиной является каток ДУ-49А с производительностью 1250 м²/см. Принимаем 3 машины для увеличения производительности и сокращения продолжительности работ.

МДО № 8 – обустройство дороги. Ведущей машиной является автомобильный кран КС-3573.

Срок реконструкцию существующей автомобильной дороги принят равным 1 году. При обосновании срока строительства учитываются климатические показатели района производства работ.

С учетом всех видов работа построен линейный календарный график, который представлен на листе № 7 графической части.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был рассмотрен проект реконструкции участка автомобильной дороги Р-419 «Вилуй» в Ангарском районе Иркутской области.

Для назначения работ по реконструкции была проведена оценка существующего участка дороги, в ходе которой были выявлены многочисленные отклонения от нормативных показателей. Далее были внесены корректировки в продольный профиль путем вписывания новых вертикальных кривых, изменения параметров некоторых кюветов. При двухстороннем уширении в поперечном профиле изменены геометрические параметры земляного полотна. Подобрана соответствующая дорожная одежда. Также было проведено мероприятие по устройству барражей, для укрепления дна оврага, во избежание разрушающего воздействия селей на земляное полотно дороги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СП 34.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги: Минрегион России М.: Москва 2012. – 52с.
- 2 СП 131.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* Строительная климатология: Минрегион России М.: Москва 2012.108с.
- 3 ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 8 с.
- 4 Жуков В. И. Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог: учебное пособие/КрасГАСА. – Красноярск, 2002. – 56 с.
- 5 Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера – дорожника/ под ред. Г. А. Федотова – Москва: Транспорт, 1989. – 437 с.
- 6 ОДН 218.046-01 Отраслевые дорожные нормы проектирования нежестких дорожных одежд. – ФГУП «СОЮЗДОРНИИ», МАДИ (ТУ), ГП «РОСДОРНИИ», 2001.01-01. – 93 с.
- 7 ГОСТ 23558-94 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия (с Изменениями N 1, 2). – Введ. 01.01.1995 – М.: Стандартинформ, 2005.
- 8 ГОСТ 25607-2009 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – Введ. 01.01.2011 – М.: Стандартинформ, 2010.
- 9 ГОСТ 30491-2012 Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. – Введ. 01.11.2013 – М.: Стандартинформ, 2013.
- 10 ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Введ. с 01.01.2011– М.: Изд-во стандартов, 2014.
- 11 Постановление правительства РФ от 2 сентября 2009г. № 717 О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объектов дорожного сервиса [Электронный ресурс]: Доступ из справ.- правовой сист. «КонсультантПлюс».
- 12 ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – Введ. с 15.12.2004 – Москва: Стандартинформ, 2006.
- 13 ГОСТ Р 50970-2011 Технические средства организации дорожного движения. Столбики сигнальные дорожные. Общие технические требования. Правила применения. – Введ. с 31.08.2011 –Москва: Стандартинформ, 2011. – 16 с.
- 14 ГОСТ 52607-2006 Технические средства организации дорожного движения. Ограждения дорожные удерживающие боковые для автомобилей. Общие технические требования. – Введ. с 01.01.2008. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 12 с.

15 ГОСТ 51256 – 2011 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. – Введ. с 01.09.2012. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 28 с.

16 Типовые проекты сооружений на автомобильных дорогах. Выпуск №17. Конструкции укрепления земляного полотна с примерами проектирования. – М.: Союздорпроект

17 Типовые технологические карты на устройство земляного полотна и дорожной одежды: распоряжение Минтранса России от 23.05.2003 г. № ОС-468-р/ РОСАВТОДОР – Москва, 2004.

18 Жуков В.И. Проектирование автомобильных дорог в сложных условиях: Конспект лекций – Красноярск: ИАС, 2007. – 95 с.

19 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности. СТО 4.2-07-2014/ Сиб. Федер. ун-т. – Красноярск, 2014. – 59 с.

20 Жуков В.И., Гавриленко Т.В. Проектирование автомобильных дорог. Основы : учебное пособие. – Красноярск: Сиб. Федер. Ун-тб 2014-144с.

21 ГОСТ Р 52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования - Москва: Стандартинформ, 2008.

Приложение А
Объемы земляных работ

Ширина земляного полотна ,м	12	
Ширина дна кювета в выемке,м	0	
Глубина кювета в выемке, м	0	
Заложение внутреннего откоса выемки	0	
Уположение откоса высокой насыпи	0,25	
Толщина дорожной одежды, м	0,62	0,1
Ширина дорожной одежды, м	7	
Толщина растительного слоя, м	0,25	
Коэффициент уплотнения грунта насыпи	0,98	

Таблица А.1 - Расчет объемов земляных работ для реконструированной дороги

Вводимые данные				Параметры кювета		Площадь поперечного сечения, м ²		Площадь среднего сечения, м ²	Профильные объемы, м ³		Поправки, м ³		Объемы работ, м ³	
ПК	L, м	h, м	t	ширина поверху, м	площадь, м ²	насыпи	выемки		насыпь	выемка	на снятие растительного слоя	на устройство дорожной одежды	насыпь с учетом к-та уплотнения	выемка
0+00	0	2	1,5	0,00	0,00	30,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
0+75	75	2,43	1,5	0,00	0,00	38,02	0,00	34,01	2547	0	144	-326	2414	0
1+00	25	2,26	1,5	0,00	0,00	34,78	0,00	36,40	910	0	58	-109	877	0
2+00	100	1,34	1,5	0,00	0,00	18,77	0,00	26,78	2657	0	156	-434	2428	0
3+00	100	0,5	1,5	0,00	0,00	6,38	0,00	12,57	1240	0	90	-434	914	0

3+75	75	0,7	1,5	0,00	0,00	9,14	0,00	7,76	581	0	53	-326	314	0
4+00	25	0,72	1,5	0,00	0,00	9,42	0,00	9,28	232	0	28	-109	154	0
5+00	100	1,36	1,5	0,00	0,00	19,09	0,00	14,26	1415	0	99	-434	1103	0
5+25	25	1,25	1,5	0,00	0,00	17,34	0,00	18,22	455	0	39	-109	394	0
6+00	75	0,74	1,5	0,00	0,00	9,70	0,00	13,52	1009	0	75	-326	774	0
7+00	100	0,09	1,5	0,00	0,00	1,09	0,00	5,40	529	0	53	-434	151	0
8+00	100	0,63	1,5	0,00	0,00	8,16	0,00	4,62	455	0	48	-434	71	0
8+75	75	1,85	1,5	0,00	0,00	27,33	0,00	17,74	1303	0	89	-326	1088	0
9+00	25	2,33	1,5	0,00	0,00	36,10	0,00	31,72	792	0	54	-109	752	0
10+00	100	2,16	1,5	0,00	0,00	32,92	0,00	34,51	3450	0	190	-434	3272	0
10+50	50	1,75	1,5	0,00	0,00	25,59	0,00	29,26	1461	0	90	-217	1361	0
11+00	50	1,31	1,5	0,00	0,00	18,29	0,00	21,94	1095	0	74	-217	971	0
11+50	50	2,93	1,5	0,00	0,00	48,04	0,00	33,17	1625	0	96	-217	1535	0
12+00	50	2,16	1,5	0,00	0,00	32,92	0,00	40,48	2016	0	112	-217	1951	0
13+00	100	1,18	1,5	0,00	0,00	16,25	0,00	24,58	2434	0	147	-434	2191	0
14+00	100	0,91	1,5	0,00	0,00	12,16	0,00	14,21	1419	0	100	-434	1107	0
15+00	100	1,69	1,5	0,00	0,00	24,56	0,00	18,36	1821	0	119	-434	1537	0
16+00	100	2,39	1,5	0,00	0,00	37,25	0,00	30,91	3078	0	174	-434	2876	0
17+00	100	4,7	1,5	0,00	0,00	89,54	0,00	63,39	6206	0	287	-434	6183	0
17+24	24	4,35	1,5	0,00	0,00	80,58	0,00	85,06	2041	0	96	-104	2074	0
18+00	76	1,41	1,5	0,00	0,00	19,90	0,00	50,24	3654	0	183	-330	3579	0
18+76	76	2,45	1,5	0,00	0,00	38,40	0,00	29,15	2195	0	129	-330	2035	0
19+00	24	3,11	1,5	0,00	0,00	51,83	0,00	45,12	1080	0	64	-104	1062	0
20+00	100	3,97	1,5	0,00	0,00	71,28	0,00	61,55	6137	0	287	-434	6112	0
21+00	100	3,62	1,5	0,00	0,00	63,10	0,00	67,19	6716	0	306	-434	6722	0
21+60	60	3,11	1,5	0,00	0,00	51,83	0,00	57,46	3444	0	169	-260	3421	0
22+00	40	2,05	1,5	0,00	0,00	30,90	0,00	41,37	1643	0	93	-174	1595	0
23+00	100	0,9	1,5	0,00	0,00	12,02	0,00	21,46	2113	0	132	-434	1848	0
24+00	100	1,29	1,5	0,00	0,00	17,98	0,00	15,00	1496	0	104	-434	1189	0
24+90	90	2,3	1,5	0,00	0,00	35,54	0,00	26,76	2385	0	142	-391	2180	0
25+00	10	2,37	1,5	0,00	0,00	36,87	0,00	36,20	362	0	30	-43	356	0

26+00	100	2,05	1,5	0,00	0,00	30,90	0,00	33,88	3386	0	187	-434	3203	0
27+00	100	2,77	1,5	0,00	0,00	44,75	0,00	37,83	3770	0	202	-434	3610	0
28+00	100	3,38	1,5	0,00	0,00	57,70	0,00	51,22	5113	0	252	-434	5032	0
28+12	12	3,2	1,5	0,00	0,00	53,76	0,00	55,73	669	0	43	-52	673	0
29+00	88	1,92	1,5	0,00	0,00	28,57	0,00	41,16	3586	0	189	-382	3463	0
29+88	88	2,65	1,5	0,00	0,00	42,33	0,00	35,45	3108	0	171	-382	2956	0
30+00	12	2,78	1,5	0,00	0,00	44,95	0,00	43,64	524	0	38	-52	520	0
31+00	100	1,93	1,5	0,00	0,00	28,75	0,00	36,85	3667	0	198	-434	3501	0
31+04	4	1,93	1,5	0,00	0,00	28,75	0,00	28,75	115	0	18	-17	118	0
32+00	96	3,6	1,5	0,00	0,00	62,64	0,00	45,69	4320	0	220	-417	4207	0
32+96	96	1,82	1,5	0,00	0,00	26,81	0,00	44,72	4217	0	216	-417	4099	0
33+00	4	1,81	1,5	0,00	0,00	26,63	0,00	26,72	107	0	18	-17	110	0
34+00	100	1,72	1,5	0,00	0,00	25,08	0,00	25,86	2585	0	154	-434	2352	0
35+00	100	1,71	1,5	0,00	0,00	24,91	0,00	24,99	2499	0	150	-434	2260	0
36+00	100	1,95	1,5	0,00	0,00	29,10	0,00	27,00	2699	0	159	-434	2473	0
37+00	100	2	1,5	0,00	0,00	30,00	0,00	29,55	2955	0	170	-434	2746	0
37+50	50	1,32	1,5	0,00	0,00	18,45	0,00	24,23	1206	0	79	-217	1089	0
38+00	50	1,7	1,5	0,00	0,00	24,74	0,00	21,59	1078	0	73	-217	953	0
38+50	50	1,11	1,5	0,00	0,00	15,17	0,00	19,95	993	0	69	-217	863	0
39+00	50	0,92	1,5	0,00	0,00	12,31	0,00	13,74	686	0	55	-217	535	0
40+00	100	1,04	1,5	0,00	0,00	14,10	0,00	13,21	1320	0	95	-434	1001	0
41+00	100	3,33	1,5	0,00	0,00	56,59	0,00	35,35	3404	0	185	-434	3219	0
41+50	50	1,08	1,5	0,00	0,00	14,71	0,00	35,65	1719	0	99	-217	1634	0
41+83	33	0,82	1,5	0,00	0,00	10,85	0,00	12,78	421	0	39	-143	323	0
42+00	17	0,57	1,5	0,00	0,00	7,33	0,00	9,09	154	0	22	-74	105	0
43+00	100	1,15	1,5	0,00	0,00	15,78	0,00	11,56	1147	0	86	-434	815	0
43+67	67	0,81	1,5	0,00	0,00	10,70	0,00	13,24	885	0	68	-291	676	0
44+00	33	0,8	1,5	0,00	0,00	10,56	0,00	10,63	351	0	35	-143	248	0
45+00	100	1	1,5	0,00	0,00	13,50	0,00	12,03	1202	0	89	-434	874	0
46+00	100	0,38	1,5	0,00	0,00	4,78	0,00	9,14	904	0	73	-434	554	0
46+05	5	0,54	1,5	0,00	0,00	6,92	0,00	5,85	29	0	14	-22	22	0

47+00	95	0,98	1,5	0,00	0,00	13,20	0,00	10,06	951	0	75	-412	626	0
48+00	100	0,43	1,5	0,00	0,00	5,44	0,00	9,32	924	0	74	-434	576	0
49+00	100	0,31	1,5	0,00	0,00	3,86	0,00	4,65	465	0	49	-434	81	0
49+95	95	0,59	1,5	0,00	0,00	7,60	0,00	5,73	543	0	53	-412	187	0
50+00	5	0,88	1,5	0,00	0,00	11,72	0,00	9,66	48	0	15	-22	43	0
50+50	50	1,47	1,5	0,00	0,00	20,88	0,00	16,30	811	0	61	-217	668	0
Итого									132012	0	7902		123005	0

Таблица А.2 - Расчет объемов земляных работ для существующей дороги

Вводимые данные				Параметры кювета		Площадь поперечного сечения, м ²		Площадь среднего сечения, м ²	Профильные объемы, м ³	Поправки, м ³			Объемы работ, м ³	
ПК	L, м	h, м	t	ширина поверху, м	площадь, м ²	насыпи	выемки		насыпь	выемка	на снятие растительного слоя	на устройство дорожной одежды	насыпь с учетом к-та уплотнения	выемка
0+00	100	0,86	1,5	0,00	0,00	11,43	0,00	0	0	0	0	0	0	0
1+00	100	1,01	1,5	0,00	0,00	13,65	0,00	12,54	1253	0	92	-70	1301	0
2+00	100	0,45	1,5	0,00	0,00	5,70	0,00	9,68	960	0	76	-70	986	0
3+00	100	0,72	1,5	0,00	0,00	9,42	0,00	7,56	754	0	65	-70	765	0
4+00	100	0,43	1,5	0,00	0,00	5,44	0,00	7,43	741	0	65	-70	750	0
5+00	100	0,87	1,5	0,00	0,00	11,58	0,00	8,51	846	0	70	-70	863	0
6+00	100	0,43	1,5	0,00	0,00	5,44	0,00	8,51	846	0	70	-70	863	0
7+00	100	0,74	1,5	0,00	0,00	9,70	0,00	7,57	755	0	65	-70	765	0
8+00	100	0,73	1,5	0,00	0,00	9,56	0,00	9,63	963	0	77	-70	989	0
9+00	100	0,94	1,5	0,00	0,00	12,61	0,00	11,08	1107	0	84	-70	1144	0
10+00	100	1,17	1,5	0,00	0,00	16,09	0,00	14,35	1434	0	101	-70	1494	0

11+00	100	0,87	1,5	0,00	0,00	11,58	0,00	13,83	1381	0	98	-70	1438	0
12+00	100	0,77	1,5	0,00	0,00	10,13	0,00	10,85	1085	0	83	-70	1120	0
13+00	100	1,21	1,5	0,00	0,00	16,72	0,00	13,42	1337	0	96	-70	1391	0
14+00	100	0,79	1,5	0,00	0,00	10,42	0,00	13,57	1352	0	96	-70	1407	0
15+00	100	1,05	1,5	0,00	0,00	14,25	0,00	12,33	1232	0	90	-70	1278	0
16+00	100	1,65	1,5	0,00	0,00	23,88	0,00	19,07	1898	0	123	-70	1990	0
17+00	100	3,86	1,5	0,00	0,00	68,67	0,00	46,28	4506	0	228	-70	4759	0
18+00	100	1,33	1,5	0,00	0,00	18,61	0,00	43,64	4204	0	216	-70	4439	0
19+00	100	1,17	1,5	0,00	0,00	16,09	0,00	17,35	1735	0	115	-70	1816	0
20+00	100	0,53	1,5	0,00	0,00	6,78	0,00	11,44	1133	0	85	-70	1172	0
21+00	100	0,98	1,5	0,00	0,00	13,20	0,00	9,99	994	0	78	-70	1022	0
22+00	100	1,09	1,5	0,00	0,00	14,86	0,00	14,03	1403	0	99	-70	1461	0
23+00	100	0,88	1,5	0,00	0,00	11,72	0,00	13,29	1328	0	95	-70	1381	0
24+00	100	0,7	1,5	0,00	0,00	9,14	0,00	10,43	1042	0	81	-70	1074	0
25+00	100	1	1,5	0,00	0,00	13,50	0,00	11,32	1130	0	85	-70	1168	0
26+00	100	0,38	1,5	0,00	0,00	4,78	0,00	9,14	904	0	73	-70	926	0
27+00	100	0,8	1,5	0,00	0,00	10,56	0,00	7,67	762	0	66	-70	774	0
28+00	100	1,11	1,5	0,00	0,00	15,17	0,00	12,86	1284	0	93	-70	1334	0
29+00	100	0,55	1,5	0,00	0,00	7,05	0,00	11,11	1103	0	84	-70	1140	0
30+00	100	1,11	1,5	0,00	0,00	15,17	0,00	11,11	1103	0	84	-70	1140	0
31+00	100	0,96	1,5	0,00	0,00	12,90	0,00	14,04	1403	0	99	-70	1461	0
32+00	100	2,76	1,5	0,00	0,00	44,55	0,00	28,72	2791	0	161	-70	2941	0
33+00	100	1,14	1,5	0,00	0,00	15,63	0,00	30,09	2943	0	168	-70	3103	0
34+00	100	0,65	1,5	0,00	0,00	8,43	0,00	12,03	1197	0	89	-70	1240	0
35+00	100	1,04	1,5	0,00	0,00	14,10	0,00	11,27	1123	0	85	-70	1161	0
36+00	100	1,68	1,5	0,00	0,00	24,39	0,00	19,25	1915	0	123	-70	2008	0
37+00	100	2,13	1,5	0,00	0,00	32,37	0,00	28,38	2833	0	164	-70	2987	0
38+00	100	2,09	1,5	0,00	0,00	31,63	0,00	32,00	3200	0	180	-70	3377	0
39+00	100	0,91	1,5	0,00	0,00	12,16	0,00	21,90	2155	0	134	-70	2264	0
40+00	100	1,07	1,5	0,00	0,00	14,56	0,00	13,36	1335	0	96	-70	1389	0
41+00	100	2,82	1,5	0,00	0,00	45,77	0,00	30,16	2940	0	167	-70	3099	0

42+00	100	1,16	1,5	0,00	0,00	15,94	0,00	30,85	3016	0	171	-70	3181	0
43+00	100	2,23	1,5	0,00	0,00	34,22	0,00	25,08	2479	0	149	-70	2610	0
44+00	100	1,17	1,5	0,00	0,00	16,09	0,00	25,16	2488	0	149	-70	2619	0
45+00	100	1,56	1,5	0,00	0,00	22,37	0,00	19,23	1919	0	124	-70	2013	0
46+00	100	1,25	1,5	0,00	0,00	17,34	0,00	19,86	1983	0	127	-70	2082	0
47+00	100	0,9	1,5	0,00	0,00	12,02	0,00	14,68	1465	0	102	-70	1527	0
48+00	100	0,3	1,5	0,00	0,00	3,74	0,00	7,88	779	0	66	-70	791	0
49+00	100	0,37	1,5	0,00	0,00	4,65	0,00	4,19	419	0	47	-70	403	0
50+00	100	0,14	1,5	0,00	0,00	1,71	0,00	3,18	316	0	41	-70	293	0
50+50	100	0,53	1,5	0,00	0,00	6,78	0,00	4,25	421	0	47	-70	405	0
Итого									79695	0	5316		83104	0

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Локальная смета № 3

на устройство дорожной одежды участка автомобильной дороги III категории протяжённостью 5.05 км

Сметная стоимость, тыс.руб.

Нормативная трудоемкость, тыс.чел

Сметная ЗП, тыс.руб.

Составлена в ценах 2001 г. (руб.)

№ п/п	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Количество	Стоимость единицы, руб.				Общая стоимость, руб.				Трудоём кость строител ей, ед, чел.-ч	Трудоемко сть строителей , всего, ед.чел.-ч	Трудоемко сть машинисто в, ед, чел.-ч
					ПЗ	Зс	ЭММО	в т.ч. Зм	ПЗ	Зс	ЭММО	в т.ч. Зм			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	ТЕР27-06-020-01	Устройство верхнего слоя покрытия толщиной 4 (5) см из горячих асфальтобетонных смесей плотных мелкозернистых типа АБВ, плотность каменных материалов 2,5-2,9 т/м ³	1000 м ²	40,4	48622,38	423,98	3005,99	289,06	1964344,15	17128,79	121442,00	11678,02	38,30	1547,32	19,66
2	ТЕР27-06-021-01	На каждые 0,5 см изменения толщины слоя добавлять или исключать к расценке 27-06-020-01	1000 м ²	80,8	5251,99	1,00	5,74		424360,79	80,80	463,79		0,09	7,27	

3	ТЕР27-06-020-06	Устройство нижнего слоя покрытия толщиной 4 (7) см из горячих асфальтобетонных смесей пористых крупнозернистых типа АБВ, плотность каменных материалов 2,5-2,9 т/м ³	1000 м ²	40,4	43598,95	423,98	3006,47	289,22	1761397,58	17128,79	121461,39	11684,49	38,30	1547,32	19,67
4	ТЕР27-06-021-06	На каждые 0,5 см изменения толщины слоя добавлять или исключать к расценке 27-06-020-06	1000 м ²	242,4	5035,00	1,00	5,42		1220484,00	242,40	1313,81		0,09	21,82	
5	ТЕР27-06-018-03	Устройство основания из черного щебня толщиной 6 (10) см с плотностью каменных материалов 2,5-2,9 т/м ³	1000 м ²	67,333333	43095,94	483,96	2982,95	252,60	2901793,29	32586,64	200851,97	17008,40	45,83	3085,89	17,18
6	ТЕР27-04-001-04	Устройство дополнительного слоя основания из ГС толщиной 12 (21) см	1000 м ²	106,05	3036,76	243,50	2771,52	278,36	322048,40	25823,18	293919,70	29520,08	25,74	2729,73	18,93
7	ТСЦ-408-9284	Гравий для стойтельных работ фракции 20-40 мм	м ³	13,9986	88,97				1245,46						
		Итого							8595673,67	92990,60	739452,65	69890,99		8939,34	
		Поправка к заработной плате							97728,95	55794,36		41934,59			
		Итого ПЗ+поправка							8693402,62	148784,96	781387,24	111825,58			
	МДС81-33-2004 прил.4 п.21	Накладные расходы, 142 %							370066,97						

		Сметная ЗП рабочих, выполняющих работы, учитывающиеся НР								18873,42					
		Нормативная трудоёмкость рабочих, учитывающая НР													
		Себестоимость СМР							9063469,59						
	МДС81-25-2001 прил.3 п.21	Сметная прибыль, 95 %							247580,02						
		Сметная стоимость							9311049,61						
		Нормативная трудоёмкость по смете													
		ЗП по смете всего								279483,96					

9311,05
15,32
279,48

Трудоемкость машинистов, всего, чел.-ч
17
794,11

794,55
1156,57
2007,37
4752,59

1628,29
15320,22